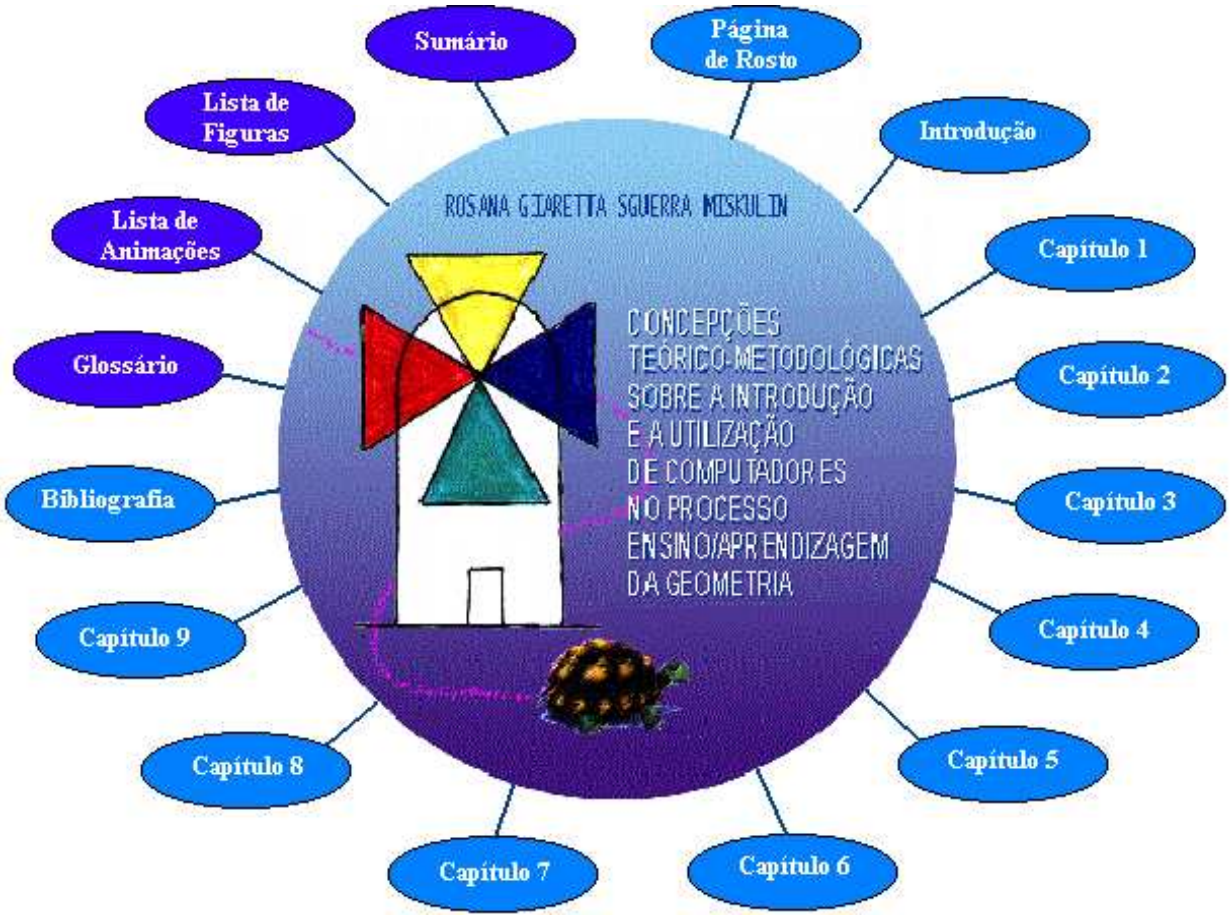
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

CONCEPÇÕES TEÓRICO-METODOLÓGICAS SOBRE A INTRODUÇÃO E A UTILIZAÇÃO DE COMPUTADORES NO PROCESSO ENSINO/APRENDIZAGEM DA GEOMETRIA



Rosana Giaretta Sguerra Miskulin

1999

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE EDUCAÇÃO

CONCEPÇÕES TEÓRICO-METODOLÓGICAS SOBRE A INTRODUÇÃO E A UTILIZAÇÃO DE COMPUTADORES NO PROCESSO ENSINO/APRENDIZAGEM DA GEOMETRIA

Rosana Giaretta Sguerra Miskulin

Orientador: Sérgio Apparecido Lorenzato

Tese de doutorado submetida à Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Educação

1999

Aos meus queridos filhos, Caroline e Thiago
e ao meu marido, Mauro, com muito amor.

AGRADECIMENTOS

À Deus que, com a sua infinita misericórdia e amor tem sempre mostrado os caminhos de minha vida.

Com muito carinho e gratidão, aos jovens que participaram desta pesquisa: Thiago Sguerra Miskulin, Eduardo Anastácio, Martin Hofling e Leonardo Garcia, em especial ao Thiago e ao Eduardo, por participarem do Estudo de Caso, desta pesquisa, e por possibitarem-me observá-los em seus processos de "criar".

Ao Professor Dr. Sergio Apparecido Lorenzato, pela orientação segura e competente, valorizando meu trabalho, mostrando-se, muitas vezes, mais amigo do que mestre, e acima de tudo, por acreditar na importância de se adequar as pesquisas em Educação Matemática aos avanços tecnológicos.

Ao Professor Dr. Ubiratan D'Ambrosio pelo incentivo, diálogos e reflexões sobre a Educação Matemática, e mais especificamente, sobre esta pesquisa, impelindo-me a novas buscas e descobertas.

À Professora Dra. Maria Teresa Eglér Mantoan e à Professora Dra. Maria Cecília Calani Baranauskas, pelo incentivo, apoio, e sobretudo, dedicação e amizade, nos momentos de preocupações referentes a este trabalho.

Ao Professor Dr. Dario Fiorentini pelas reflexões a respeito da Educação Matemática, pelos diálogos e idéias sobre esta pesquisa, e além disso, pela longa amizade.

Aos meus pais, que mesmo estando longe, mostraram-me as suas presenças nos momentos mais dificeis.

Ao meu marido e aos meus filhos pelo amor, compreensão e cumplicidade, transmitindo-me sempre sabedoria, amor e muito apoio em todos os momentos de minha vida.

Aos amigos da Educação Matemática e do COPEMA, pelas reflexões sobre as nossas ansiedades e esperanças sobre a Educação Matemática, e pela amizade e o carinho demonstrados.

Aos pesquisadores e amigos do NIED – Núcleo de Informática Aplicada à Educação, pelas reflexões e estudos sobre a introdução e disseminação da Tecnologia na Educação.

À CAPES pelo suporte financeiro durante a realização desta pesquisa.

À todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para que este trabalho se realizasse.

Enquanto educadores, sonhamos com o momento em "... que as novas gerações, menos contaminadas pela modelagem paradigmática clássica e ultrapassada, refletindo, espero, uma nova educação centrada na inteireza, terão facilitado o caminho para um existir mais pleno e de comunhão entre a parte e o todo. Pensamento e sentimento, intuição e sensação, harmoniosamente conjugados, constituirão o tecido de uma mesma fala, para que o discurso possa ser, também, canção." (Crema, in Weil et al., 1993).

SUMÁRIO

Lista de Figuras…….. 17

Lista de Animações…… 29

Resumo……30

Abstract……... 31

Introdução……..…… 32

1) Concepções Teórico-Metodológicas sobre a Introdução e Disseminação de Computadores na Educação e na Sociedade…….……...37

1.1) Cenário Tecnológico…… 38

1.1.1) Transdisciplinaridade……38

1.1.2) Inter-Relações entre a Educação, a Sociedade e a Tecnologia…… 39

1.1.2.1) As Novas Tecnologias e a Globalização…….. 43

1.1.3) Pesquisas e Publicações sobre a Inter-relação entre a Educação, a Sociedade e as Novas Tecnologias…… 45

1.2) Construção do Conhecimento no Cenário Tecnológico……... 51

1.3) Funções da Política Educacional, das Universidades e do Professor……...…… 55

1.3.1) Política Educacional……...…….. 55

1.3.2) Universidades……56

1.3.3) Relevância da Formação do Professor no Contexto Delineado……58

2) Introdução e Disseminação de Computadores na Sala de Aula…….…….. 63

2.1) Ambientes Computacionais Utilizados no Ensino……...…… 64

2.1.1) Repetição e Prática (Drill and Practice)……66

2.1.2) Tutorial (Tutorial System)…… 69

2.1.3) Simulação (Computer Simulation)……...…… 70

2.1.4) Softwares de Resolução de Problemas (Problem Solving Softwares)……. 76
2.1.5) Software de Ferramenta (Tool Software)……. 79
2.1.6) Spreadsheets……. 80
2.1.6.1) O que são Spreadsheets?……...…… 80
2.1.6.2) Exemplos da Utilização de Spreadsheets……..81
2.1.6.3) Avaliação de Spreadsheets como Mindtools…….…….. 82
2.1.7) Programação (Programming)……84
2.1.8) Sistemas Integrados de Aprendizagem (Integrated Learning System – ILSs)…. 86
2.1.9) Instrução gerenciada por computador (Computer-maneged Instruction – CMI). 86
2.1.10) Comentários Conclusivos……..…. 86
2.2) Aspectos Teórico-Metodológicos sobre a Educação na Internet……..89
2.2.1) O Que é a Internet……..…….. 89
2.2.2) O Surgimento da Internet, a Situação Presente e as Tendências Futuras..……... 91
2.2.3) A Situação da Internet no Brasil……..……95
2.2.3.1) A Rede Nacional de Pesquisa – RNP……96
2.2.3.2) A Rede ANSP – an Academic Network at São Paulo…….. 98
2.2.3.3) Rede EMBRATEL……98
2.2.4) Sobre a Língua Utilizada…….. 99
2.2.5) A Internet na Sala de Aula……99
2.2.6) A Internet e a Auto-aprendizagem……100
2.2.7) Problema de Segurança…….101
2.2.8) Bibliotecas…… 101
2.2.9) Bancos de Dados…….. 103
2.2.10) Na Universidade……...…….. 103
2.2.11) Comunicação Mediada por Computador…… 104
2.2.11.1) Tipos de Comunicação Mediada por Computador……. 105
2.2.11.2) Ensinando e Aprendendo através de Comunicação Mediada por Computador – CMC…….. 108
2.3) Entrevistas…… 108
2.3.1) O Contexto Americano……108
2.3.2) Entrevista com a Diretora de Tecnologia da Rede Pública de Ensino de Albuquerque – Novo México/USA……..……108
2.3.2.1) Descrição da Análise e Reflexões sobre os Dados Obtidos……..110
2.3.3) Entrevistas com os Professores……..…114

2.3.3.1) Descrição da Análise e Reflexões sobre os Dados Obtidos……..115
2.3.3.1.1) La Mesa Elementary School……..115
2.3.3.1.2) Albuquerque High School……..……... 126
2.3.3.1.3) Inez Science and Tecnology Magnet School……..…….. 132
2.3.3.1.4) Grant Middle School……...…….. 135
2.3.4) Entrevistas com Professores da UNM…… 137
2.3.4.1) Descrição da Análise e Reflexões sobre os Dados Obtidos……..…….. 138
2.3.4.1.1) Profa. Dra. Liz……..…… 138
2.3.4.1.2 Profa. Dra. Pia……..…….. 149
2.3.4.1.3) Profa. Dra. Nadir……..…… 157
2.3.4.1.4) Profa. Dra. Alice……164
2.3.4.1.5) Profa. Dra. Jill……..……. 170
2.3.3.2) Reflexões e Considerações sobre as Entrevistas…….……. 177

3) Reflexões sobre as Tendências Atuais da Educação Matemática e da Informática…186
3.1) A Educação Matemática no Contexto Tecnológico……...…….…. 187
3.1.1) Pesquisas sobre a Educação Matemática frente às Novas Tecnologia……...….. 191
3.2) Ambientes Computacionais no Processo Ensino/Aprendizagem da Geometria…….. 203
3.2.1) Tegram……..205
3.2.2) Geometric Supposer…… 206
3.2.3) Geometer's Sketchpad……..207
3.2.4) Cabri Géomètre……208
3.2.4.1) Características do Cabri Géomètre……209
3.2.5) TesselMania……..211
3.2.6) Spreadsheet……..……212
3.2.7) Carmen Sandiego Math……...…….. 213

4) Pressupostos Teórico-Metodológicos da Linguagem Computacional Logo – Geometria da Tartaruga…….…….…. 216
4.1) O que é Logo?…….. 216
4.2) O que é a Tartaruga?……218
4.3) Algumas Versões de Logo……220
4.3.1) Versões Comerciais…….. 221
4.3.2) Versões de Domínio Público e de Shareware……...…223

4.4) Comandos de Deslocamento e de Giro da Tartaruga……..….. 226
4.5) Por que Logo?……...228
4.6) Papert e o Construcionismo…… 232
4.7) Pesquisas Educacionais com Logo…….. 233
4.7.1) Como Logo pode ser Utilizado no Processo Ensino/Aprendizagem de Matemática?……...…….. 233
4.8) Geometria da Tartaruga……..…. 238
4.8.1) O que é a Geometria da Tartaruga?……...……... 238
4.8.2) Inter-relacionamento da Geometria da Tartaruga com algumas Geometria…….238
4.8.2.1) Conceito de Ponto……. 238
4.8.2.2) Conceito de Círculo……...……... 239
4.8.3) Princípios Básicos sobre a Geometria da Tartaruga……...….. 239
4.8.4) Alguns Teoremas da Geometria da Tartaruga……...……... 244
4.9) O Professor no Ambiente Logo……..…. 244
4.10) Utilizações Pedagógicas de Logo……...…… 245
4.10.1) Ilusão de Ótica…… 245
4.10.1.1) Considerações sobre a Definição de um Objeto no Ambiente Logo..….. 250
4.10.2) Tecelagem ou Ladrilhamento e Logo……..… 251
4.10.2.1) Reflexões Teóricas sobre Tecelagem ou Ladrilhamento (Tessellation).… 251
4.10.2.2) Atividades com Tecelagem ou Ladrilhamento (Tessellation)……..…..…. 252
4.10.3) Fractais e Logo……254
4.10.4) Pesquisas na Internet sobre Aplicações de Logo na Sala de Aula……..255
4.10.4.1) African Textiles or The Weaving Turtle……256
4.10.4.2) Cityscapes……... 256
4.10.4.3) From Polygons to Function to Orbits to Fractals: A Year of Logo With a Mathematically Gifted Student……257
4.11) Criação de Animação no SLogoW……...……... 258
4.12) Cores no SLogoW……..…… 260
4.13) Comentários Conclusivos…….. 261

5) Fundamentos Teóricos Sobre o Logo Tridimensional…… 263
5.1) O Que é Logo Tridimensional?…… 264
5.2) Considerações Gerais……...…… 264
5.3) Comandos Básicos e seus respectivos Fundamentos Matemáticos……..……266

5.3.1) Comando de Estado Inicial ou Comando Tridimensional……..……267
5.3.2) Comandos de Mudanças de Estado……..…..….. 268
5.3.2.1) Comando ande……...268
5.3.2.2) Comando vire……...……269
5.3.2.3) Comando role……..…. 270
5.3.2.4) Comando cabeceie……...……. 271
5.4) Equivalências dos Comandos de Giros da Tartaruga……... 272
5.5) "Idéias Poderosas" Inerentes ao Contexto do Logo Tridimensional……...……. 272
5.6) A Perspectiva Cônica e a Representação de Formas na Tela……...…… 273
5.6.1) Analogia com o Sistema de Fotografia……..……...275
5.6.2) Perspectiva ou Projeção Cônica de um Ponto no Espaço……..…….. 276
5.6.2.1) Primeira Possibilidade – Extremidade do Vetor V entre o Ponto de Vista e o Plano de Representação……. 277
5.6.2.2) Segunda Possibilidade – Plano de Representação entre o Ponto de Vista e a Extremidade do Vetor V……..…….. 278
5.6.3) Representação da Forma de um Objeto no Plano da Tela.……..…….. 279
5.6.4) Definição da Distância Principal F……..……. 280
5.6.5) Ponto de Fuga e Perspectiva Paralela……..……. 282
5.6.6) Analogia com o Processo da Visão……...283
5.7) A Descrição do Objeto no Espaço e sua Representação na Tela……. 284
5.8) Descrição dos Comandos do Logo Tridimensional……..285

6) Exploração de Conceitos Geométricos através de Resolução de Problemas no Ambiente Tridimensional…… 288
6.1) A Representação e a Visualização de Objetos no Espaço…… 288
6.2) Construção de Figuras Geométricas Planas Regulares com o Logo Tridimensional.. 293
6.2.1) Construção de Quadrados no Plano Coordenado *xy*……293
6.2.1.1) Utilização do Comando vire com Argumento Positivo (1ª estratégia)……. 294
6.2.1.2) Utilização do Comando vire com Argumento Negativo (2ª estratégia)….. 295
6.2.1.3) Análise dos Resultados Obtidos com a Utilização da 1ª e da 2ª Estratégia.. 296
6.2.1.4) Construção do Quadrado em Diferentes Posições em Relação ao Sistema de Eixos Coordenados *x y* com os Comandos ande e vire…… 297
6.2.1.5) Explorações das Ações dos Comandos role e cabeceie……... 301
6.2.1.6) Utilização do Comando cabeceie com Argumento Positivo (3ª estratégia)..303

6.2.1.7) Utilização do Comando cabeceie com Argumento Negativo (4ª estratégia)305
6.2.1.8) Construção do Quadrado com os Comandos ande e cabeceie em Diferentes Posições em Relação ao Sistema de Eixos Coordenados *x y*…..306
6.2.2) Construção da Representação de Figuras Geométricas Planas Regulares no Plano Coordenado *xy*……... 306
6.2.3) Construção de Quadrados em Planos Paralelos ao Plano Coordenado *xy*…… 308
6.2.4) Construção de Quadrados em Planos Concorrentes ao Plano Coordenado *xy* Construídos Através do Comando cabeceie……. 314
6.2.4.1) Situação-problema 1 - Utilização do programa quadra1……...314
6.2.4.2) Situação-problema 2 - Utilização do programa quadra2…….. 315
6.2.4.3) Análise dos resultados obtidos nas situações-problema 1 e 2…….. 316
6.2.4.4) Construção do quadrado em diferentes posições em relação ao sistema de eixos coordenados centrado no plano concorrente…….. 316
6.2.5) Construção da representação de quadrados em planos concorrentes ao plano coordenado *x y* construídos através do comando role……319
6.2.5.1) Situação-problema 1 – Utilização do programa quadra1……..320
6.2.5.2) Situação-problema 2 –Utilização do programa quadra2……...… 321
6.2.5.3) Análise dos resultados obtidos nas situações-problema 1 e 2……...322
6.2.5.4) Construção do quadrado em diferentes posições em relação ao sistema de eixos coordenados centrado no plano concorrente……...323
6.2.6) Coordenação de quadrados……...…… 324
6.3) Reflexões Metodológicas sobre a Aplicabilidade do Logo Tridimensional……. 328

7) Considerações Teórico-Metodológicas sobre o Estudo de Caso……..…… 330
7.1) Contextualizando Pesquisa Educacional…….. 330
7.1.1) O Que é uma Pesquisa Inserida no Contexto Educacional e Social?……...… 330
7.2) Contextualizando o Problema da Pesquisa…….. 332
7.2.1) Problema da Pesquisa……...…… 333
7.3) Objetivos da Pesquisa…….. 333
7.4) Metodologia da Pesquisa……..333
7.4.1) Aspectos Relacionados aos Procedimentos Metodológicos……. 334
7.5) Contextualizando o Estudo de Caso……336
7.5.1) Por que Estudo de Caso?…….. 336
7.6) Categorias de Análise do Estudo de Caso…… 337

7.6.1) Análise Microgenética……. 338
7.6.2) Reflexões sobre Resolução de Problemas (Abdução)…….. 340
7.6.2.1) Resolução de Problemas……...… 340
7.6.2.2) Concepções Psico-Pedagógicas sobre Resolução de Problemas…….. 344
7.6.2.3) A Resolução de problemas como Atividade de Design…… 349
7.6.2.4) Resolução de problemas no Ambiente Logo…… 352

8) Estudo de Caso…….……..……. 354
8.1) Design de um Moinho Acionado a Vento……..…….…. 354
8.1.1) Contextualização do Problema……...…….. 354
8.1.2) Pesquisa sobre Moinhos Acionados a Vento……..……..355
8.1.3) Esboço de um Moinho Acionado a Vento……..……..358
8.1.4) Pesquisa sobre Simetria……...……. 359
8.1.5) Construção da Representação Estática do Moinho……..…… 362
8.1.5.1) Construção da Parte Fixa do Moinho……362
8.1.5.1.1) Primeiro Obstáculo Cognitivo……...362
8.1.5.1.2) Relações Matemáticas Associadas à Forma Geométrica do Telhado... 363
8.1.5.1.3) Procedimentos para a Solução do Primeiro Obstáculo Cognitivo…..... 364
8.1.5.1.4) Segundo Obstáculo Cognitivo…….. 366
8.1.5.1.4.1) Identificação do Obstáculo pelo Sujeito B…… 366
8.1.5.1.4.2) Identificação do Obstáculo pelo Sujeito A……..……. 368
8.1.5.1.4.3) Reflexões sobre o Segundo Obstáculo Cognitivo……. 370
8.1.5.1.5) Construção do Telhado Simétrico – Uma Nova Estratégia……...370
8.1.5.1.5.1) Problema Intermediário……. 370
8.1.5.1.5.2) Interpretação Matemática das Estratégias de Representação de uma Circunferência por um Quadrado……..… 373
8.1.5.1.5.3) Adaptação da Estratégia para o Problema do Moinho……...….... 376
8.1.5.1.6) Exploração de Novos Conceitos Matemáticos Associados à Construção do Telhado do Moinho……..…… 380
8.1.5.1.6.1) Construção de um Semi-octógono pelo sujeito A……..……... 381
8.1.5.1.6.1.1) Circunferência Circunscrita – Determinação do Diâmetro...…. 382
8.1.5.1.6.1.2) Determinação do Centro da Circunferência Circunscrita pelo Sujeito A…… 385

8.1.5.1.6.1.3) Procedimento Alternativo para Posicionar a Tartaruga no Centro da Circunferência Circunscrita……..386
8.1.5.1.6.1.4) Construção da Circunferência Circunscrita pelo Sujeito A.. 387
8.1.5.1.6.1.5) Determinação do Ângulo de Interseção α pelo Sujeito A…. 390
8.1.5.1.6.1.6) Construção de um Semi-octógono Simétrico pelo Sujeito A 391
8.1.5.1.6.2) Construção de um Semi-polígono Regular pelo Sujeito B……392
8.1.5.1.6.2.1) Construção da Circunferência Circunscrita pelo Sujeito B... 394
8.1.5.1.6.2.2) Determinação do Ângulo de Interseção α pelo Sujeito B 395
8.1.5.1.6.2.3) Construção de um Semi-polígono Simétrico pelo Sujeito B. 396
8.1.5.1.6.3) Comentários Finais sobre a Construção do Corpo do Moinho…..397
8.1.5.2) Construção da Parte Móvel do Moinho……..…… 398
8.1.5.2.1) Construções das Pás…….. 398
8.1.5.2.2) Pintura das Pás……...399
8.1.6) Animação em Tempo Real……...…… 400
8.1.6.1) Reestruturação dos Programas moinho.a e moinho.b……..…… 401
8.1.6.2) Elaboração de Programas para Animação em Tempo Real – Logo……..402
8.1.6.3) Construções de Video Clips……. 406
8.1.7) Comentários Conclusivos……..……...…… 406
8.1.8) Construção do Moinho Acionado a Vento com Logo Tridimensional…….407
8.1.8.1) Esboço de um Moinho Tridimensional……407
8.1.8.2) Representação Bidimensional de Corpos Redondos com Instrumentos de Desenho……408
8.1.8.3) Representação Bidimensional de Corpos Redondos no Ambiente do Logo Tridimensional…….410
8.1.8.3.1) Representação de um Cilindro com Logo Tridimensional……412
8.1.8.3.2) Representação da Esfera com Logo Tridimensional…….415
8.1.8.4) Construção do Corpo do Moinho com Logo Tridimensional……...……422
8.1.8.5) Construção do Telhado sobre o Corpo do Moinho…….. 423
8.1.8.6) Construção das Pás do Moinho……426
8.1.8.7) Integração das Partes do Moinho……..428
8.1.8.8) Construção das pás em movimento…….. 430
8.1.8.9) Observações Conclusivas...……...……431
8.2) Design de uma Sala……...……... 431
8.2.1) Contextualização do Problema……...…….. 431

8.2.2) Considerações sobre Perspectiva……..433
8.2.2.1) A Perspectiva no Mundo em que Vivemos……...433
8.2.2.2) Algumas Considerações Históricas sobre Perspectiva…… 436
8.2.2.3) A Perspectiva e a Construção do Conhecimento…….. 439
8.2.2.4) Tipos de Projeções e Algumas Propriedades……...……. 440
8.2.3) Processo de Resolução da Situação-Problema – Design de uma Sala Utilizando Recursos do Logo Tridimensional……...……441
8.2.4) Construções Distintas do Design de uma Sala ……443
8.2.4.1) Construção do Design Utilizando Perspectiva…… 443
8.2.4.1.1) Representação de Objetos em Perspectivas……...443
8.2.4.1.1.1) Significados de Termos Utilizados em Perspectivas……443
8.2.4.1.1.2) Representação de Desenhos em Escala……...….. 444
8.2.4.1.1.3) Atividade Intermediária Desenvolvida pelo Sujeito……..446
8.2.4.1.2) Representação da Planta e da Elevação da Sala…… 447
8.2.4.1.3) Design da Sala em Perspectiva…… 448
8.2.4.2) Design de uma Sala Utilizando Planificação…… 454
8.2.4.3) Design de uma Sala Utilizando Maquete……..455
8.2.5) Design da Sala com Logo Tridimensional……457
8.2.5.1) Construções dos Quadros…… 458
8.2.5.1.1) Construção do Quadro 1……458
8.2.5.1.1.1) Construção do Triângulo…….….. 458
8.2.5.1.1.2) Construção do Quadrado……460
8.2.5.1.1.3) Construção da Circunferência……...…… 461
8.2.5.1.1.4) Construção da Moldura…… 468
8.2.5.1.1.5) Construção do Quadro 1 com Dimensões Definidas pelo Usuário (Variáveis)……...…… 469
8.2.5.1.2) Construção do Quadro 2……471
8.2.5.1.2.1) Construção do Triângulo……... 472
8.2.5.1.2.2) Representação da Circunferência…….. 473
8.2.5.1.2.3) Construção da Moldura…… 474
8.2.5.1.2.4) Construção do Quadro 2 com Dimensões Definidas pelo Usuário (Variáveis)……476
8.2.5.1.3). Construção do Quadro 3……...476
8.2.5.1.3.1) Construções das Circunferências…….. 476

8.2.5.1.3.2) Construção da Moldura…… 479
8.2.5.1.3.3) Construção do Quadro 3 com Dimensões Definidas pelo Usuário (Variáveis)……480
8.2.5.1.4) Comentários sobre as Construções Acima…… 480
8.2.5.2) A Tartaruga Sai do Plano – Construção do Quadro 1…….. 481
8.2.5.2.1) Construção de Polígonos com a Tartaruga Perpendicular ao Plano da Tela……..…….482
8.2.5.2.1.1) Construção do Quadrado……...… 482
8.2.5.2.1.2) Construção do Triângulo……... 485
8.2.5.2.1.3) Construção do Círculo……...487
8.2.5.2.2) Construção do Quadro 1……490
8.2.5.3) Construção do Design da Sala…….. 492
8.2.5.3.1) Construção da Parede que Contém a Porta e a Janela……...……494
8.2.5.3.2) Construção da Parede Lateral Direita……496
8.2.5.3.3) Construção da Parede Lateral Esquerda……499
8.2.5.3.4) Construção do piso…… 501
8.2.5.3.5) Construção do teto……502
8.2.5.3.6) Construção da Panificação da Sala com Logo Tridimensional…….503
8.2.5.3.7) Design da Sala com Logo Tridimensional……..... 505
8.2.5.3.8) Design da Sala com Diferentes Aberturas da Porta e da Janela……506
8.2.5.3.9) Design da Sala com o Quadrado Maior no Plano de Projeção (Tela)...507
8.2.5.3.10) Design da Sala com o Ponto de Vista em Diferentes Posições...…..... 510
8.2.5.3.10.1) Ponto de Fuga Deslocando-se Sobre a Linha do Horizonte…..... 510
8.2.5.3.10.2) Ponto de Fuga Mais Próximo à Linha de Terra……..…….....513
8.2.5.3.11) Design da Sala com Diferentes Distâncias entre o Observador e o Plano de Projeção (Tela)……514
8.2.5.3.11.1) Design da Sala com o Quadrado Maior Atrás da Tela…… 514
8.2.5.3.11.2) Design da Sala com o Quadro Maior na Tela……..515
8.2.5.3.11.3) Design da Sala com o Quadro Maior à Frente da Tela……516
8.2.5.4) Comentários Finais do Design da Sala……..…...… 517
8.3) Análise Microgenética 518

9) Considerações Finais…… 523

Sugestões para Próximas Pesquisas……. 538

Anexo I: Representação da Tartaruga com seus Movimentos de Giro e os Cosenos Diretores de seus Eixos…….. 539

Anexo II: Procedimentos Computacionais – Design de um Moinho Acionado a Vento – Logo Bidimensional……. 544

Bibliografia……. 550

Glossário……. 572

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Exemplo de Drill and Practice…… 68
Figura 2.2 – Crianças trabalhando com Sim City, La Mesa Elementary School…… 73
Figura 2.3 – Crianças trabalhando com Amazon Trail, Inez Elementary School……... 73
Figura 2.4 – Oregon Trail…… 73
Figura 2.5 – Exemplo de software de simulação……. 74
Figura 2.6 – Telas do software MayaQuest…… 75
Figura 2.6 – Crianças trabalhando com o Kid Pix, La Mesa Elementary School……80
Figura 2.7 – Detalhes da tela do Spreadsheet com uma planilha em branco……...81
Figura 2.8 – Conectividade internacional na Internet…… 92
Figura 2.9 – Evolução no número de redes na Internet interligadas no período julho/89 a julho/96……... 93
Figura 2.10 – Evolução no número de domínios na Internet no período julho/89 a junho/97……... 93
Figura 2.11 – Crescimento no número de computadores na Internet no período outubro/90 a março/98……... 94
Figura 2.12 – Evolução no número de servidores WWW na Internet no período junho/93 a abril/98…… 94
Figura 2.13 – Topologia da Rede Nacional de Pesquisa……. 97
Figura 2.14 – Topologia da Rede ANSP……. 98
Figura 2.15 – Home page da biblioteca da Faculdade de Educação da UNICAMP…….. 102
Figura 2.16 – Reproduções de fotos mostrando condições meteorológicas…… 103
Figura 2.17 – Imagem de uma tela de uma mensagem enviada utilizando o eTEAM…… 106
Figura 2.18 – Crianças no computador, La Mesa Elementary School…… 120
Figura 2.19 – Crianças no Clube do Computador, La Mesa Elementary School…… 121
Figura 2.20 – Crianças do Projeto Fax com seus respectivos professores…….. 122
Figura 2.21 – Home page da Inez Science and Tecnology Magnet School…… 133
Figura 2.22 – Home page da Grant Middle School……. 136
Figura 2.23 – The Magic School Bus…….. 149

Figura 3.1 – Ensino de Cálculo Através de Projetos: Módulos de Aprendizagem Informatizada……. 196
Figura 3.2 – Tela do Cabri Geometry II……. 210
Figura 3.2 – TesselMania……...…… 211
Figura 3.3 – Carmen Sandiego Math…….. 214
Figura 4.1 – Tela do SLogoW da UNICAMP…… 225
Figura 4.2 – Tela da nova versão do SlogoW da UNICAMP……. 225
Figura 4.3 – Deslocamento vertical da tartaruga……. 226
Figura 4.4 – Deslocamento horizontal da tartaruga……. 226
Figura 4.5 – Resultados dos procedimentos **figura1** e **figura2** para diferentes entradas... 228
Figura 4.6 – Representação de rotação aplicada a uma bandeira…… 236
Figura 4.7 – Representação de translação aplicada a uma bandeira……. 236
Figura 4.8 – Representação de um desenho simétrico obtido com Logo……..... 237
Figura 4.9 – Quadrado construído com o programa **quadrado**……..…… 242
Figura 4.10 – Estrela - Projeto para ilustrar o procedimento procedural…… 242
Figura 4.11 – Quadrado construído com o programa **qua**…….…. 242
Figura 4.12 – Triângulo construído com o programa **tri**……. 243
Figura 4.13 – Figura construída com o programa **exemplo1**…….…. 246
Figura 4.14 – Hexágono construído com o programa **hexágono**……..…… 247
Figura 4.15 – Figura construída com o programa **exemplo2**…….……. 247
Figura 4.16 – Octógono construído com o programa **octógono**……...…….……. 247
Figura 4.17 – Figura construído com o programa **exemplo3**…….……. 248
Figura 4.18 – Placa construída com o programa **placa**……..…..…….. 248
Figura 4.19 – Figura construída com o programa **exemplo4**…….……. 249
Figura 4.20 – Ramo construído com o programa **ramo1**……..…… 249
Figura 4.21 – Ramo construído com o programa **ramo2**……...……. 250
Figura 4.22 – Figura construída com o programa **exemplo5**……..…..……. 250
Figura 4.23 – Representação de um objeto…….…… 251
Figura 4.24 – Tecelagem no ambiente Logo……... 254
Figura 4.25 – Curvas snowflakes construídas no ambiente Logo……... 255
Figura 4.26 – Tecelagens africanas representadas com Logo……. 256
Figura 4.27 – Prédios de New York representados com Logo…… 257
Figura 4.28 – Polígono, Órbita, Funções e Fractais representados com Logo…… 258
Figura 4.29 – Imagem padrão bitmap carregada para a área de trabalho do SlogoW……. 261

Figura 5.1 – Sistema de eixos ortogonais associados à tartaruga……..…….... 266
Figura 5.2 – Sistema de eixos otogonais fixos na tela do computador……... 267
Figura 5.3 – Giros da tartaruga ao redor de seus eixos coordenados…….. 268
Figura 5.4 – Representação da ação do comando **vire 30**……... 269
Figura 5.5 – Representação da ação do comando **role 30**……... 270
Figura 5.6 – Representação da ação do comando **cabeceie 30**……... 271
Figura 5.7 – Movimentos da tartaruga transportados para a mão……..……. 273
Figura 5.8 – Representação de um objeto visto segundo a perspectiva cônica……... 274
Figura 5.9 – Desenho bidimensional de um objeto possível de ser feito com a tartaruga Tridimensional……..……... 275
Figura 5.10 – Representação do "registro" de um objeto por uma câmara fotográfica…….…. 275
Figura 5.11 – Raio principal e ponto principal…… 276
Figura 5.12 – Distância principal ou distância focal…….…….. 276
Figura 5.13 – Representação do vetor V a ser projetado…… 277
Figura 5.14 – Representação da projeção do vetor V – 1ª possibilidade…… 278
Figura 5.15 – Representação da projeção do vetor V – 2ª possibilidade…… 279
Figura 5.16 - Representação de um cubo com arestas iguais a 50 projetado com F = 360……..…. 281
Figura 5.17 - Representação de um cubo com arestas iguais a 50 projetado com F = 750……....281
Figura 5.18 - Representação de um cubo com arestas iguais a 50 projetado com F = 1500……..…... 281
Figura 5.19 – Representação de um objeto com um ponto de fuga…… 282
Figura 5.20 – Projeção paralela……... 283
Figura 5.21 – Representação de um objeto com dois pontos de fuga……. 283
Figura 5.22 – Representação da construção de uma casa com Logo Bidimensional…….. 284
Figura 5.23 – Representação da construção de uma casa com Logo Tridimensional…..… 285
Figura 6.1 – Quadrado construído com o programa **quadra1**……..……. 294
Figura 6.2 – Quadrado construído com o programa **quadra1** com a representação dos eixos *x y*……. 294
Figura 6.3 – Quadrado construído com os comandos **ande** e **vire** (1ª estratégia)…….….. 295
Figura 6.4 - Quadrado construído com o programa **quadra2**……. 295

Figura 6.5 – Quadrado construído com o programa **quadra2** com a representação dos eixos *x y*……..... 295
Figura 6.6 – Quadrado construído com os comandos **ande** e **vire** (2ª estratégia)…..…..... 296
Figura 6.7 – Composição dos quadrados construídos com os programas **quadra1** e **quadra2**……..... 297
Figura 6.8 – Quadrado construído no 3º quadrante com o programa **quadra1**……..… 298
Figura 6.9 – Quadrado construído com o programa **quadra1** com o seu centro coincidindo com o centro do sistema de eixos…...……..... 299
Figura 6.10 – Quadrado construído com o programa **quadra2** com o seu centro coincidindo com o centro do sistema de eixos…….……..299
Figura 6.11 – Quadrado com vértice inferior esquerdo no ponto (150 100)…….…….. 300
Figura 6.12 – Quadrado construído com o programa **quadra3**……..……304
Figura 6.13 – Quadrado construído com o programa **quadra3** com a representação dos eixos *x y*……... 304
Figura 6.14 – Quadrado construído com o programa **quadra4**……..……305
Figura 6.15 – Quadrado construído com o programa **quadra4** com a representação dos eixos *x y*……... 305
Figura 6.16 – Triângulo construído com o programa **poli**…….……. 307
Figura 6.17 – Pentágono construído com o programa **poli**……. 307
Figura 6.18 – Octógono construído com o programa **poli**…….. 307
Figura 6.19 – Polígono de 36 lados construída com o programa **poli**…….…… 308
Figura 6.20 – Polígono com 360 lados construído com o programa **poli**…….…….. 308
Figura 6.21 – Representação do quadrado construído 200 passos à frente da tela….…… 309
Figura 6.22 – Representação do quadrado construído 200 passos atrás da tela……..… 309
Figura 6.23 – Diagrama ilustrando a vista lateral dos quadrados reais construídos no espaço e os resultados de suas projeções no plano da tela segundo as regras da projeção cônica……..…….311
Figura 6.24 – Representação das projeções dos quadrados construídos com o programa **quadra1** em diferentes planos……..……..…….. 312
Figura 6.25 – Representação da projeções dos quadrados construídos com o programa **quadra1** em diferentes planos, com seus centros sobre o eixo *z*……..…....312
Figura 6.26 – Representação das projeções dos quadrados construídos com o programa **quadra2** em diferentes planos com seus vértices inferiores esquerdos no ponto de coordenadas (150, 100)……. 313

Figura 6.27 – Representação dos planos concorrentes……..…….. 314
Figura 6.28 – Representação do quadrado construído no novo plano com o programa **quadra1** com a representação dos eixos *x y*……..……...… 315
Figura 6.29 – Representação do quadrado construído no novo plano com o programa **quadra1**……..……...315
Figura 6.30 – Representação do quadrado construído no novo plano com o programa **quadra2** com a representação dos eixos ***x y***……..……..……. 315
Figura 6.31 – Representação do quadrado construído no novo plano com o programa **quadra2**……...…….. 315
Figura 6.32 – Representação do quadrado construído no novo plano com o programa **quadra1** com seu centro coincidindo com o centro do sistema de eixos…..317
Figura 6.33 – Representação do quadrado construído no novo plano com o programa **quadra2** com seu vértice inferior esquerdo localizado no ponto de coordenadas (150 100)……..…….317
Figura 6.34 – Representação do quadrado construído no novo plano com o programa **quadra1** com seus lados concorrentes ao plano de representação……...…. 318
Figura 6.35 – Representação do quadrado construídos no novo plano com o programa **quadra2** com seus lados concorrentes ao plano de representação…..……. 318
Figura 6.36 – Representação dos quadrados construídos com o programa **quadra2** em diferentes planos…….…….. 319
Figura 6.37 – Representação dos sistemas de eixos após a ação do comando **role 45**……320
Figura 6.38 – Representação dos planos concorrentes…….…….. 320
Figura 6.39– Representação do quadrado construído no plano vertical com o programa **quadra1** com a representação do sistema de eixos *x y*…….. 321
Figura 6.40 – Representação do quadrado construído no plano vertical com o programa **quadra1**…….……... 321
Figura 6.41 – Representação do quadrado construído no plano vertical com o programa **quadra2** com a representação dos eixos *x y*……..…321
Figura 6.42 – Representação do quadrado construído no plano vertical com o programa **quadra2**…….……..……. 322
Figura 6.43 – Representação do quadrado construído no plano vertical com o programa **quadra1** com centro coincidindo com o centro do sistema de eixos…..…. 323

Figura 6.44 – Representação do quadrado construído no plano vertical pelo programa **quadra2** com vértice inferior esquerdo sobre o ponto de coordenadas (150 100)…….. 324
Figura 6.45 – Projeção dos quadrados construídos com o programa **coordenação1**…..... 325
Figura 6.46 - Projeção dos quadrados construídos com o programa **coordenação2**…….. 326
Figura 6.47 – Representação do cubo construído com o programa **cubo**……...…….... 327
Figura 6.48 – Representação do cubo construído em uma diferente posição no espaço obtida com o comando **role 30**…….. 327
Figura 6.49 – Representação do cubo construído em uma diferente posição no espaço obtida com os comandos **role 30** e **cabeceie -30**…….…….. 327
Figura 7.1 – Dinamismo Microgenético das Condutas Cognitivas…….…… 339
Figura 8.1 – Moinho de vento com asas…….. 357
Figura 8.2 – Turbina eólica dinamarquesa…….. 357
Figura 8.3 – Antigos moinhos de vento ingleses……357
Figura 8.4 – Sítio de turbinas eólicas em Tehachapi (Califórnia – USA)……... 358
Figura 8.5 – Sítio de turbinas eólicas em Palm Springs (Califórnia – USA)…..…… 358
Figura 8.6 – Esboço de um moinho acionado a vento…….…… 358
Figura 8.7 – Ilustração de simetria axial…….…… 359
Figura 8.8 – Ilustração de simetria central…….…… 359
Figura 8.9 – Ilustração de simetria rotacional…….…… 360
Figura 8.10 – "Árte óptica" criando ilusão de movimento……. 360
Figura 8.11 – Proporções humanas e pontos de anatomia…….. 361
Figura 8.12 – Primeira representação da parte fixa do moinho…….. 362
Figura 8.13 – Segunda representação da parte fixa do moinho……...…… 366
Figura 8.14 – Ampliação do canto esquerdo da segunda representação da parte fixa do moinho…….. 367
Figura 8.15 – Verificação do nivelamento em uma construção real…..…….. 368
Figura 8.16 – Semicircunferência construída pelo Sujeito A……. 369
Figura 8.17 – Ampliação do canto esquerdo da semicircunferência construída pelo Sujeito A…… 369
Figura 8.18 – Duas possíveis disposições do quadrado que permitem solução para o problema.…… 371
Figura 8.19 – Soluções do problema……... 371
Figura 8.20 – Esquema 1……. 374

Figura 8.21 – Esquema 2……. 374
Figura 8.22 – Esquema 3……. 375
Figura 8.23 – Representação de uma circunferência por um quadrado:
duas estratégias Possíveis……...…….. 375
Figura 8.24 – Terceira representação da parte fixa do moinho…….…….. 377
Figura 8.25 – Ampliação do canto esquerdo da terceira representação da
parte fixa do moinho…….. 378
Figura 8.26 – Representação final da parte fixa do moinho…… 379
Figura 8.27 – Semi-octógono construído pelo Sujeito A…….…….. 381
Figura 8.28 – Semi-octógono construído pelo Sujeito A e segmento que
une suas extremidades…….. 382
Figura 8.29 – Triângulo retângulo ABC……. 383
Figura 8.30 – Construção da circunferência circunscrita com compasso……... 384
Figura 8.31 – Triângulo retângulo ABC com construções auxiliares para a
determinação de o_x…… 385
Figura 8.32 – Triângulo retângulo ABC com construções auxiliares para a
determinação de o_y……... 386
Figura 8.33 – Representação do semi-octógono com a circunferência
circunscrita – Sujeito A……. 388
Figura 8.34 – Circunferências contínuas construídas com a nova estratégia…….. 389
Figura 8.35 – Semi-octógono com a circunferência circunscrita e construção
auxiliar – Sujeito A……... 391
Figura 8.36 – Semi-octógono com diâmetro contido na reta horizontal
de referência – Sujeito A……..392
Figura 8.37 – Semi-octógono construído pelo Sujeito B…… 393
Figura 8.38 – Semi-octógono construído pelo Sujeito B e do segmento que
une suas extremidades…….……. 394
Figura 8.39 – Triângulo retângulo ABC construído pelo Sujeito B…… 394
Figura 8.40 – Representação do semi-octógono com a circunferência
circunscrita – Sujeito B……. 395
Figura 8.41 – Semi-octógono com o ângulo central β…… 396
Figura 8.42 – Semi-octógono com diâmetro contido na reta horizontal de
referência – Sujeito B…….. 397
Figura 8.43 – Moinho com as pás…….…….. 398

Figura 8.44 – Tentativa de pintura das pás pelo Sujeito A……. 399
Figura 8.45 – Moinhos acionados a vento…….. 400
Figura 8.46 – Moinhos construídos pelo Sujeito A com as pás deslocadas em 10^o –
tentativa de construção da segunda e da terceira figura da série……... 402
Figura 8.47 – Pás construídas pelo Sujeito B……..…... 403
Figura 8.48 – Esboço bidimensional de um moinho (tridimensional) acionado a vento… 407
Figura 8.49 – Representações de uma esfera e de um cilindro……...… 408
Figura 8.50 – Prisma quadrangular circunscrito a um cilindro – Construção auxiliar…… 409
Figura 8.51 – Quadrado quadriculado circunscrito a uma circunferência…….. 410
Figura 8.52 – Construção de uma circunferência em perspectiva pelo Sujeito A…….. 410
Figura 8.53 – Circunferência em perspectiva construída com Logo Tridimensional……. 411
Figura 8.54 – Ilustração do plano de construção da circunferência…… 412
Figura 8.55 – Cilindro construído com o programa cilindro…….. 413
Figura 8.56 – Posicionamento da lateral do cilindro construída com o
programa cilindro…….. 414
Figura 8.57 – Cilindro inclinado……. 414
Figura 8.58 – Posicionamento do cilindro com o centro da base coincidindo com
o centro do sistema de eixos coordenados x y z……...…… 415
Figura 8.59 – Sujeito descrevendo a circunferência visível na esfera com sua
mão direita…… 416
Figura 8.60 – Esfera com circunferências nela desenhadas…… 416
Figura 8.61 – Esfera construída com o programa esfera……. 417
Figura 8.62 – Esfera com centro na origem do sistema de eixos coordenados x y z……. 418
Figura 8.63 – Fase intermediária da representação da construção da esfera…….. 418
Figura 8.64 – Bola de basquete em forma de gomos coloridos…….. 419
Figura 8.64a – Bola construída com Logo Tridimensional……..…….. 421
Figura 8.65 – Corpo do moinho…….. 423
Figura 8.66 – Tentativa de construção da parte fixa do moinho com os
programas corpo e telhado……... 424
Figura 8.67 – Montagem do cilindro com a esfera……. 424
Figura 8.68 – Construção da parte fixa do moinho com os programas
corpo e telhado.novo……..… 426
Figura 8.69 – Pás construídas com o programa **pás**…… 427
Figura 8.70 – Moinho construído com o programa **moinho.tri**……..…….. 429

Figura 8.71 – Vistas laterais do moinho……. 430
Figura 8.72 – Cena da corte em um jardim……. 432
Figura 8.73 – Exemplo de aplicação de perspectiva no meio publicitário……. 434
Figura 8.74 – Fotos de autoria da pesquisadora…….. 435
Figura 8.75 (a) – Taj Mahal (Índia)…… 435
Figura 8.75 (b) – Interior da igreja de San Lorenzo (Florença)…….. 435
Figura 8.76 – Quadros de televisão…..…… 436
Figura 8.77 – Cenas de video-game…… 436
Figura 8.78 – Ilustração do dispositivo mecânico de perspectiva de Dürer…….…….. 437
Figura 8.79– Cálice de Uccello…….…….. 438
Figura 8.80 – Adoração do Mágico…….…… 438
Figura 8.81 – Escola de Athenas…….…… 439
Figura 8.82 – A Anunciação……..……..439
Figura 8.83 – Projeção cônica…….…… 440
Figura 8.84 – Projeção paralela…….…….. 441
Figura 8.85 – Esboço de uma sala…….…….. 442
Figura 8.86 – Representação de dois pontos no plano de quadro (Escala 1:75)…..…… 445
Figura 8.87 – Representação de um retângulo em perspectiva (Escala 1:75)……. 445
Figura 8.88 – Tabuleiro de xadrez…….. 447
Figura 8.89 – Sujeitos da pesquisa em contato com o projeto arquitetônico…….. 448
Figura 8.90 – Planta e corte da sala (Escala 1:70)…….……..448
Figura 8.91 – Retângulo no plano de quadro e vista do piso em perspectiva……. 450
Figura 8.92 – Perspectiva inicial da sala (Escala 1:70)……... 451
Figura 8.93 – Perspectiva inicial da sala com nova escala e representação da
porta e da janela da sala no plano de quadro (Escala 1:35)……... 452
Figura 8.94 – Perspectiva intermediária da sala (Escala 1:35)……... 453
Figura 8.95 – Design final da sala (Escala 1:35)…….…… 453
Figura 8.96 – Planificação do design da sala…….. 455
Figura 8.97 – Ilustração da planificação da sala recortada…….…….456
Figura 8.98 – Foto da maquete da sala construída pelo sujeito…….. 456
Figura 8.99– Foto reproduzindo a vista interna da maquete……457
Figura 8.100 – Modelo do Quadro 1…….…….. 458
Figura 8.101 – Primeira construção do triângulo …….…….. 459
Figura 8.102 – Construção final do triângulo…….……459

Figura 8.103 – Tentativa de construção do Quadro 1 com triângulo e retângulo…..…….. 460
Figura 8.104 – Primeira tentativa de construção do Quadro 1 com triângulo,
quadrado e circunferência……...…… 462
Figura 8.105 – Segunda tentativa de construção do Quadro 1 com triângulo,
quadrado e circunferência…….…… 463
Figura 8.106 – Ampliação da Figura 8.105…….…… 463
Figura 8.107 – Quadro 1: Coordenação dos polígonos…….…….. 467
Figura 8.108 – Quadro1…….……...469
Figura 8.109 – Modelo do Quadro 2…….…….. 471
Figura 8.110 – Triângulo construído com o programa **tria :x**…….……472
Figura 8.111 – Primeira tentativa de coordenação da circunferência com o triângulo.….. 473
Figura 8.112 – Segunda tentativa de coordenação da circunferência com o triângulo….... 473
Figura 8.113 – Quadro 2……..…… 475
Figura 8.114 – Modelo do Quadro 3 com os pontos de referência…… 476
Figura 8.115 – Coordenação das circunferências e pontos de referência…….…….. 477
Figura 8.116 – Quadro 3…….…….479
Figura 8.117 – Descrição do quadrado com movimentos da mão…….. 481
Figura 8.118 – Quadrado construído com a tartaruga perpendicular à tela…….…… 483
Figura 8.119 – Vistas do quadrado…….…….484
Figura 8.120 – Triângulo construído com a tartaruga perpendicular à tela……..… 485
Figura 8.121 – Vistas do triângulo…….. 486
Figura 8.122 – Círculo construído com a tartaruga perpendicular à tela…… 488
Figura 8.123 – Círculo construído com o programa **círculo.tri.novo**…….……..……. 489
Figura 8.124– Vistas do círculo……. 489
Figura 8.125 – Foto da montagem do Quadro 1…….……490
Figura 8.126 – Quadro1 construído com a tartaruga perpendicular à tela…….. 491
Figura 8.127 – Vista frontal da montagem realizada…… 492
Figura 8.128 – Esquema da sala planificada…….…….. 493
Figura 8.129 – Parede da sala que contém a porta e a janela…….…… 496
Figura 8.130 – Parede lateral direita……... 499
Figura 8.131 – Parede lateral esquerda……... 501
Figura 8.132 – Vista superior do piso da sala…… 502
Figura 8.133 – Teto da sala…… 503
Figura 8.134 – Sala planificada construída com Logo Tridimensional…….. 504

Figura 8.135 – Sala em perspectiva…… 506
Figura 8.136 – Sala em perspectiva com o retângulo maior construído no plano da tela.…… 510
Figura 8.137 – Sala em perspectiva com o ponto de fuga a 50 cm da parede lateral direita……... 512
Figura 8.138 – Sala em perspectiva com o ponto de fuga a 50 cm da parede lateral esquerda…… 512
Figura 8.139 – Sala em perspectiva com o ponto de fuga a 60 cm do piso…… 513
Figura 8.140 – Sala em perspectiva com o quadrado maior construído 20 passos atrás da tela……. 515
Figura 8.141 – Sala em perspectiva com o quadrado maior construído no plano da tela…… 516
Figura 8.142 – Sala em perspectiva com o quadrado menor na tela e o observador a 720 passos da tela……..… 517
Figura 8.143 – Esboço da projeção cônica…….. 517
Figura 9.1 – Esboço do dinamismo da pesquisa……..524
Figura I.1 – Sistema de eixos ortogonais *x y z* fixo no centro da tela – sistema de referência……. 539
Figura I.2 – Posição no espaço e cosenos diretores dos eixos *i j k* (fixos na tartaruga) no estado inicial……... 540
Figura I.3 – Posição no espaço e cosenos diretores dos eixos *i j k* (fixos na tartaruga) após a ação do comando **vire 90**……...540
Figura I.4 – Posição no espaço e cosenos diretores dos eixos *i j k* (fixos na tartaruga) após a ação do comando **vire 180**…… 540
Figura I.5 – Posição no espaço e cosenos diretores dos eixos *i j k* (fixos na tartaruga) após a ação do comando **vire 270**…… 540
Figura I.6 – Posição no espaço e cosenos diretores dos eixos *i j k* (fixos na tartaruga) no estado inicial……... 541
Figura I.7 – Posição no espaço e cosenos diretores dos eixos *i j k* (fixos na tartaruga) após a ação do comando **cabeceie 90**…… 541
Figura I.8 – Posição no espaço e cosenos diretores dos eixos *i j k* (fixos na tartaruga) após a ação do comando **cabeceie 180**…… 541
Figura I.9 – Posição no espaço e cosenos diretores dos eixos *i j k* (fixos na tartaruga) após a ação do comando **cabeceie 270**…… 541

Figura I.10 – Posição no espaço e cosenos diretores dos eixos *i j k* (fixos na tartaruga) no estado inicial……..….542
Figura I.11 – Posição no espaço e cosenos diretores dos eixos *i j k* (fixos na tartaruga) após a ação do comando **role 90**…… 542
Figura I.12 – Posição no espaço e cosenos diretores dos eixos *i j k* (fixos na tartaruga) após a ação do comando **role 180**……..……. 542
Figura I.13 – Posição no espaço e cosenos diretores dos eixos *i j k* (fixos na tartaruga) após a ação do comando **role 270**…….. 543

LISTA DE ANIMAÇÕES

Animação 4.1 – snow.anima..... 259
Animação 5.1 – ande.animação..... 269
Animação 5.2 – vire.animação..... 270
Animação 5.3 – role.animação..... 271
Animação 5.4 – cabeceie.animação..... 271
Animação 8.1 – animaa..... 406
Animação 8.2 – animab..... 406
Animação 8.3 – cilindro.anima..... 415
Animação 8.4 – bola.anima..... 421
Animação 8.5 – moinhotri.anima..... 430
Animação 8.6 – planificação-perspectiva..... 506
Animação 8.7 – porta-janela..... 507
Animação 8.8 – posição-espaço..... 510
Animação 8.9 – pf-horizontal..... 512
Animação 8.10 – pf-vertical..... 514
Animação 8.11 – zoom1..... 515
Animação 8.12 – zoom2..... 516
Animação 8.13 – zoom3..... 517

RESUMO

Esta pesquisa aborda concepções teórico-metodológicas sobre a introdução e a utilização de computadores na Educação e na sociedade. Assim sendo, são tecidas algumas considerações a respeito da utilização de computadores na sala de aula, através de um estudo que investiga como as novas tecnologias estão sendo incorporadas nas escolas da rede de ensino público de Albuquerque, Novo México, USA, enfatizando-se a abordagem dada por alguns professores universitários acerca da introdução e da disseminação da Informática no ensino.

Apresentam-se reflexões sobre as tendências atuais da Educação Matemática inter-relacionada às novas tecnologias, explicitando-se os pressupostos teórico-metodológicos da Linguagem Computacional Logo (Bidimensional e Tridimensional). Descrevem-se ainda, alguns aspectos pedagógicos e matemáticos relacionados à aplicabilidade do Logo Tridimensional no processo de construção de conceitos geométricos.

Com essas perspectivas, busca-se responder ao seguinte problema de investigação: **É possível resgatar as possibilidades didático-cognitivas do Logo Tridimensional na exploração pedagógica de conceitos geométricos?**

Para tanto, apresentam-se considerações teórico-metodológicas sobre o Estudo de Caso, realizado nesta pesquisa, o qual analisa microgeneticamente os processos mentais e computacionais de dois sujeitos, cursando a 8ª Série do Ensino Fundamental de uma escola particular de Campinas, em situações de resolução de problemas, concebidas como atividades de "design".

Delineia-se, também, uma relação dialética entre a descrição dos processos de resolução de problemas, no ambiente Logo (Bidimensional e Tridimensional), inserido em um contexto de animação – *AVI Constructor* –, e os componentes funcionais dos processos cognitivos dos sujeitos pesquisados, com o objetivo de tecer considerações metodológicas, propiciando aos professores e pesquisadores em Educação Matemática, uma reflexão sobre a sua prática pedagógica, adequando-a às novas necessidades que se impõem com o avanço da tecnologia e, assim sendo, contribuindo para um possível redimensionamento no processo ensino/aprendizagem da Geometria.

ABSTRACT

This research approaches theoretical and methodological conceptions about the introduction and utilization of computers in education and in society. Thus, consideration is given to the utilization of computers in the classroom, through a study that investigates how the new technologies are being incorporated in the public school system of Albuquerque, New Mexico, USA. Emphasis is given to the approach offered by some university professors concerning the introduction and dissemination of computing in teaching.

Some reflections about the present trends in Mathematics Education in relation to the new technologies are presented, by making explicit the theoretical-methodological presuppositions of the Logo Computer Language (Bidimensional and Tridimensional). In addition, some pedagogical and mathematical aspects related to the applicability of Logo Tridimensional in the process of building geometrical concepts are described.

Under these perspectives, one tries to answer the following investigation problem: is it possible to redeem the didactic-cognitive possibilities of Tridimensional Logo in the pedagogical exploration of geometrical concepts?

In order to achieve that, some theoretical-methodological considerations are presented about the Case Study conducted in this research, which analyses microgenetically the mental and computational processes of two subjects attending the 8^{th} grade in a private school in Campinas, SP, in problem solving situations, conceived as design activities.

It is also delineated a dialectic relation between the problem solving description processes in the Logo environment (Bidimensional and Tridimensional) inserted in an animation context – *AVI Constructor* –, and the functional components of the cognitive processes of the researched subjects, with the objective of setting forth methodological considerations, thus providing teachers and researchers in Mathematics Education with a reflection on their teaching practice, and an opportunity for them to adapt it to the new needs that have become imperative with the advance of technology and consequently to contribute to a possible redimensioning in the teaching/learning process of Geometry.

INTRODUÇÃO

> *"A busca natural de uma explicação para a realidade na qual o indivíduo está inserido leva-o a essa compulsão para o saber, para esclarecer a ordem cósmica e natural e para desvendar as forças que permanentemente o informam sobre o curso da realidade, impactando-o em direção a uma ação incessante. Essa compulsão para o saber vai mais além, e o homem procura transcender a sua extinção através do ato de criação." (D'Ambrosio, 1990, p.39).*

Ao ser levada a pensar e a refletir a respeito dos fatores que impulsionaram e dos caminhos percorridos para a realização desta pesquisa, esta pesquisadora[1] se surpreende, muitas vezes, por sentimentos nebulosos e controvertidos que vão desde a emoção pura e simples a uma reflexão, um repensar sobre os rumos que se escolhem diante da própria vida. Inserida nessa constante reflexão, busca-se nas palavras, esboçadas abaixo, uma possível contextualização para esses sentimentos.

Assim sendo, parafraseando Ackermann (1990), enquanto que tudo funciona de maneira suave e se consegue o que se deseja, fazendo o que se faz, não se torna necessário um grande esforço de reflexão ou justificação da parte desta pesquisadora. Um novo nível de reflexão é requerido quando insatisfações ou dúvidas aparecem. Dúvidas surgem em diferentes contextos e são diferentes para diferentes pessoas. Por exemplo, a dúvida pode surgir quando já não se tem certeza sobre o valor de um pensamento, quando se é, repentinamente, contradito nas crenças em que se acredita e que se valoriza, ou quando não se consegue o que se almeja, fazendo o que se faz. De maneira geral, dúvidas surgem ao se perceberem discrepâncias entre um estado desejado e um estado corrente. Perceber tais discrepâncias, na maioria das vezes, chama por mudança e, assim sendo, coloca-se em movimento uma busca por estratégias novas e mais refinadas, visando minimizar essas diferenças.

Inserida nessa busca e investigação, no sentido de procurar desvelar caminhos que pudessem levar a uma possível reflexão sobre a Educação Matemática, com vista a transcender o estado corrente desse domínio do conhecimento esta pesquisadora busca com esta pesquisa, meios e estratégias que possam minimizar a fragmentação acadêmica existente entre a Educação e a sociedade, procurando alcançar um novo paradigma educacional. Fragmentação esta que aceita o desvínculo entre o trabalho e a produção, entre o cognitivo e o afetivo, entre os aspectos individuais e os aspectos coletivos.

Tal fragmentação pode ser caracterizada como conseqüência da presença, cada vez mais intensa, de uma tecnologia aprimorada, decorrente do avanço científico e tecnológico, perpassando toda a sociedade, exercendo influência e causando deslumbramento popular, abarcando diversos domínios do conhecimento. Com o desenvolvimento da fotografia, da telefonia, do rádio, do cinema, da televisão, dos computadores, da Internet, e, com o surgimento da área de estudo Telemática - sistema de tratamento de mensagem complementar

[1] Ressalta-se que pesquisadora se refere à autora desta pesquisa.

e integrado com os demais serviços de telecomunicação – destaca-se o aparecimento de um novo termo "mídia". Esse cenário dominando e modificando a imaginação do indivíduo e acarretando mudanças profundas na sua concepção de mundo, transforma seu comportamento, através da influência das novas crises sociais, políticas, ecológicas e científicas.

Nesse contexto, parafraseando D'Ambrosio (1997), a Ciência e a Tecnologia se conciliam, integrando-se em um processo de busca de novas formas de explicação, de novos modos de se compreender a realidade vigente. Discordâncias e conflitos emergem desse processo e das próprias contradições sociais e políticas, resultantes desses novos modos de investigar tal processo. Nesse sentido, as atividades que dependem e se beneficiam de sistemas de comunicações no seu dia-a-dia, e que, nos últimos dez anos, não redimensionaram suas estratégias e modos de explicações, encontram-se em descompasso com o avanço tecnológico presente em alguns segmentos da sociedade.

Sabe-se que as novas formas de produção e apropriação do saber científico criam, inevitavelmente, necessidades de novas maneiras de consumo. As próprias explicações e compreensões emergentes do cenário integrador entre a Ciência e a Tecnologia passam a questionar e a interferir nos modos de produção e apropriação do conhecimento. Assim sendo, evidencia-se um movimento dialético entre as teorias de explicação e de compreensão, e os modos de produção e apropriação do conhecimento.

A Educação, através das universidades e das escolas, está inserida no contexto acima delineado. Nesse aspecto, os educadores, devem estar abertos às novas formas do saber humano, às novas maneiras de gerar e dominar conhecimento, isto se não quiserem ficar estagnados no século passado, pois não se pode ficar alheio ao fato de que o universo tecnológico que perpassa o país está sendo disseminado à medida que os vários segmentos da sociedade estão incorporando e criando mecanismos próprios para a sua compreensão e apropriação.

Nesse cenário, esta pesquisadora em Educação Matemática posiciona-se, de forma crítica, ao postular que se torna necessário, a cada dia que passa, contribuir, ainda que modestamente, para reverter a tendência da educação tradicional, tendência esta, expressa pelo fato de condicionar as pessoas a viverem exclusivamente no mundo exterior, no mundo da ilusão, da fantasia, da competição agressiva, da especialização extrema, da dominação. Torna-se imprescindível orientar as tendências educacionais em direção a uma ordem maior, que pressuponha um desenvolvimento harmonioso e equilibrado do indivíduo, equiparando-se valores humanos e qualidade de vida.

Dessa forma, acredita-se e preconiza-se a introdução e a utilização reflexiva e consciente da tecnologia, mais especificamente, de computadores na Educação, principalmente nas escolas públicas, pois, se seus alunos não usufruírem desse novo recurso tecnológico que permeia alguns segmentos da sociedade, não terão, quem sabe, oportunidade de vivenciá-lo fora do contexto escolar. Desse modo, não se integra o indivíduo ao que é por ele produzido, fora da escola, e conseqüentemente, infere-se que esses indivíduos não estarão preparados para exercerem um trabalho digno e nem tampouco uma função que lhes dê condições dignas de existência.

Com essas perspectivas em mente, pontuada de dúvidas e incertezas, mas com a sabedoria esperançosa dos que acreditam na possibilidade da Educação como uma força

incessante para a transformação social, propõe-se, nesta pesquisa, a busca e a investigação de concepções teórico-metodológicas que viabilizem a descrição de uma análise crítica sobre a introdução e utilização de computadores em ambientes de aprendizagem da Matemática, respondendo dessa forma, ao processo de informatização que se constitui uma exigência para o crescimento e o desenvolvimento de toda sociedade nos dias de hoje.

Assim sendo, nessa busca e investigação, e na expectativa de propiciar aos educadores uma possível reflexão sobre a Educação Matemática, inserida no contexto tecnológico, aborda-se, nesta pesquisa, o problema de investigação, abaixo delineado.

É possível resgatar as possibilidades didático-cognitivas do Logo Tridimensional na exploração pedagógica de conceitos geométricos?

Com essas concepções e idéias em mente, pretende-se elucidar, através da abordagens dadas aos capítulos desta pesquisa, um dinamismo entre o problema principal que será investigado – É possível resgatar as possibilidades didático-cognitivas do Logo Tridimensional na exploração pedagógica de conceitos geométricos? – e os diversos aspectos abordados a respeito da Educação, da sociedade e da Tecnologia. Em outras palavras, investiga-se o Logo Tridimensional, inserido em um contexto amplo, como uma ferramenta tecnológica que possibilita resgatar e compreender os aspectos matemáticos, computacionais e microgenéticos, inerentes aos processos de exploração e construção de conceitos geométricos, através de resolução de problemas, em ambientes informatizados.

E, além disso, pretende-se também, com esta pesquisa, oferecer aos professores e pesquisadores da área subsídios para uma possível reflexão e redimensionamento a respeito das estratégias de ensino e métodos de trabalhos, adequando-os aos avanços tecnológicos que perpassam a Educação, possibilitando, dessa forma, ao ser em formação uma Educação condizente com os anseios e desenvolvimento da sociedade.

Com as perspectivas acima delineadas, esta pesquisa apresenta-se assim organizada:

No **Capítulo 1**, descrevem-se **Concepções Teórico-Metodológicas sobre a Introdução e Disseminação de Computadores na Educação e na Sociedade**, com o objetivo de propiciar aos pesquisadores da área uma possível reflexão sobre alguns aspectos do "estado da arte" da informática educacional. Além disso, procura-se relacionar tais reflexões aos aspectos epistemológico, científico e axiológico da construção do conhecimento, em contextos práticos de resolução de problemas.

No **Capítulo 2**, abordam-se a **Introdução e a Disseminação de Computadores na Sala de Aula**, com o objetivo de proporcionar aos professores da área uma possível visão de como a tecnologia pode ser utilizada no contexto escolar. Assim sendo, em um primeiro momento deste capítulo, apresenta-se a descrição de uma análise crítica sobre ambientes computacionais e alguns softwares[2] que podem ser utilizados no ensino de 1º, 2º e 3º graus. Em um outro momento, enfatizam-se aspectos teórico-metodológicos sobre a Internet, como um dos possíveis ambientes de aprendizagem. Em um terceiro momento, deste capítulo, apresenta-se uma pesquisa que investiga como os computadores estão sendo utilizados em algumas escolas da rede pública do ensino fundamental e médio de Albuquerque,

[2] Nesta pesquisa as palavras de origem estrangeira serão apresentadas entre aspas, com exceção daquelas mais comumente encontradas na literatura e utilizadas pela mídia.

Novo México, USA. Investiga-se, ainda, como alguns professores universitários abordam a tecnologia na Educação.

No **Capítulo 3**, delineiam-se **Reflexões sobre as Tendências Atuais da Informática na Educação Matemática,** elucidando algumas das dimensões sobre a inter-relação entre a Educação Matemática e as novas tecnologias. Para tanto, recuperam-se alguns aspectos de algumas pesquisas que foram e/ou vêm sendo realizadas no Brasil e no exterior que possuem como objeto de estudo esta inter-relação. Além disso, buscam-se fundamentos em estudos realizados por meio de leituras, interpretações e análises de Anais de Congressos, tanto nacionais como internacionais. Ressalta-se que o objetivo de elaborar um capítulo com esse enfoque consiste em fornecer elementos para que se possa esboçar algumas considerações quanto à situação atual que permeia o campo da Educação Matemática e da Informática que, segundo a concepção desta pesquisadora, poderia ser redimensionado, objetivando transcender e ultrapassar os grandes desafios que se impõem com o advento das novas tecnologias.

No **Capítulo 4**, apresentam-se **Pressupostos Teórico-Metodológicos da Linguagem Computacional Logo – Geometria da Tartaruga**. Nessa apresentação, enfatizam-se as possibilidades didático-cognitivas desse ambiente no processo de exploração e construção de conceitos geométricos. Além disso, investigam-se alguns teóricos e educadores que trabalham com esse ambiente computacional, com o objetivo de elucidar os elementos e fatores importantes no processo de construção do conhecimento, em contextos práticos de resolução de problemas.

No **Capítulo 5,** expõem-se os **Fundamentos Teórico-Metodológicos sobre o Logo Tridimensional**, ressaltando as possibilidades desse ambiente para a exploração e a construção de conceitos relacionados com a Geometria Espacial. Apresentam-se, ainda, fundamentos matemáticos sobre Perspectiva e sobre Projeção Cônica.

No **Capítulo 6**, aborda-se a **Exploração de Conceitos Geométricos através de Resolução de Problemas no Ambiente Tridimensional**, elucidando alguns pontos relacionados à aplicabilidade do Logo Tridimensional, com o objetivo de ressaltar as potencialidades desse ambiente na exploração de conceitos geométricos em situações práticas de resolução de problemas, no processo de transformação de idéias geométricas em formas geométricas, essência do Logo Tridimensional. Além disso, pretende-se com esta abordagem fornecer aos professores da área algumas das possibilidades de aplicação do Logo Tridimensional na exploração e na construção de conceitos de Geometria Espacial.

No **Capítulo 7**, apresentam-se **Considerações Teórico-Metodológicas sobre o Estudo de Caso**, que será realizado nesta pesquisa, com o objetivo de elucidar concepções e pressupostos importantes e necessários para fundamentar a descrição e análise dos procedimentos e estratégias dos sujeitos pesquisados, em situações práticas de resolução de problemas. Destacam-se ainda, o Problema, os Objetivos, e a Metodologia desta pesquisa. Refere-se ainda à resolução de problemas como uma atividade de "Design", no sentido de elaboração e criação de projetos. Além disso, analisam-se, microgeneticamente, as estratégias mentais de resolução de problemas, dos sujeitos pertencentes ao Estudo de Caso.

No **Capítulo 8**, apresenta-se o **Estudo de Caso**, o qual descreve e analisa microgeneticamente os processos mentais e computacionais de dois sujeitos, que cursam a 8ª série do Ensino Fundamental de uma escola da rede particular de ensino de Campinas, em

situações práticas de resolução de problemas, concebido como uma atividade de "Design". Delineia-se uma relação dialética entre a descrição dos processos de resolução de problemas e os componentes funcionais dos processos mentais dos sujeitos pesquisados. Enfatiza-se também, no processo de resolução de problemas, o dinamismo microgenético das condutas cognitivas dos sujeitos pesquisados, ressaltando, nesse processo, o raciocínio abdutivo. Além disso, apresentam-se os video clips realizados pelos sujeitos desta pesquisa.

No **Capítulo 9**, delineiam-se algumas inferências conclusivas, ou mesmo **Considerações Finais** do Estudo de Caso realizado e de toda a pesquisa, possibilitando aos pesquisadores da área uma reflexão sobre a sua prática pedagógica, objetivando um possível redimensionamento e uma adequação de suas teorias de ensino e métodos de trabalho, às novas tecnologias

No **Capítulo 10**, apresenta-se a **Bibliografia** desta pesquisa.

Apresenta-se ainda, um glossário contendo os significados das siglas e dos termos de língua estrangeira mais utilizados nesta pesquisa.

Convém ressaltar, porém, que não se espera que esta pesquisa responda a todos os questionamentos e inquietações existentes no cenário educacional, no qual a tecnologia, se faz, cada vez mais presente. Almeja-se, acima de tudo, que as concepções, idéias e pressupostos delineados, neste trabalho, reflitam os anseios desta pesquisadora em contribuir, de forma tênue, com uma reflexão sobre a Educação Matemática no contexto tecnológico, tornando-a mais significativa para o desenvolvimento pleno do ser humano. E, além disso, espera-se que, ao término desta pesquisa, novas dúvidas e incertezas venham a existir, pois somente, dessa forma, é que se é impelida a procurar novos horizontes, transcendendo, muitas vezes, as próprias expectativas, adentrando-se em novas buscas do conhecimento, do real.

Ressalta-se que, nesta pesquisa, com exeção das citações textuais, termos, palavras ou endereços sublinhados referem-se a "hyperlinks".

Capítulo 1

Concepções Teórico-Metodológicas sobre a Introdução e a Disseminação de Computadores na Educação e na Sociedade

> *"Cada ramo da ciência, em nossa época, parece querer nos demonstrar que o mundo repousa sobre entidades sutilíssimas ... Em seguida vem a informática. É verdade que o software não poderia exercer seu poder de leveza senão mediante o peso do hardware; mas é o software que comanda; que age sobre o mundo exterior e sobre as máquinas, as quais existem apenas em função do software, desenvolvendo-se de modo a elaborar programas de complexidade cada vez mais crescente. A segunda revolução industrial, diferentemente da primeira, não oferece imagens esmagadoras como prensas de laminadores ou corridas de aço, mas se apresenta como bits de um fluxo de informação que corre pelos circuitos sob a forma de impulsos eletrônicos. As máquinas de metal continuam a existir, mas obedientes aos bits sem peso." (Calvino, 1994, p.20).*

Neste capítulo serão delineadas reflexões sobre a introdução e disseminação de computadores na Educação e na sociedade, nas diversas dimensões: epistemológicas, sociais, axiológicas, entre outras, com o objetivo de propiciar aos pesquisadores da área uma reflexão sobre alguns aspectos do "estado da arte" da Informática educacional. Além disso, pretende-se relacionar tais reflexões a alguns apectos subjacentes à construção do conhecimento, em contextos práticos de resolução de problemas, nos quais a tecnologia se faz, cada vez mais, presente.

Acredita-se que, apresentar uma reflexão sobre alguns aspectos do "estado da arte" da Informática educacional, pode possibilitar aos professores e pesquisadores da área uma reflexão crítica de como a tecnologia pode auxiliar na construção do conhecimento. Pretende-se ainda, nesta pesquisa, com a abordagem dada a este capítulo, elaborar considerações teórico-metodológicas que estarão embasando a descrição da análise do Estudo de Caso, realizado no Capítulo 8. Em outras palavras, como o problema de investigação desta pesquisa – É possível resgatar as possibilidades didático-cognitivas do Logo Tridimensional na exploração pedagógica de conceitos geométricos? –, enfoca, principalmente, o Logo Tridimensional, faz-se imprescindível a contextualização da ferramenta escolhida, em um cenário tecnológico mais amplo, elucidando, nesse cenário, os elementos fundamentais e importantes que subjazem à construção do conhecimento.

Com essas perspectivas em mente, ressalta-se que, com o avanço da Tecnologia na sociedade e na Educação e com a introdução de computadores nas diversas áreas do conhecimento, a grande e importante questão que se apresenta aos professores e pesquisadores em Educação Matemática expressa-se por: **Como se processa o conhecimento neste novo cenário, no qual a tecnologia se faz presente**? **Em outras palavras, quais componentes estariam subjacentes ao processo de construção do saber face às novas tecnologias?**

Assim sendo, essa questão norteará todo o desenvolvimento e a estruturação deste capítulo. Tal estruturação será recortada em três momentos distintos, os quais apresentam abordagens complementares e inter-relacionadas. **Em um primeiro momento**, aborda-se um cenário tecnológico, constituído das inter-relações entre a Educação, a sociedade e a Tecnologia. **Em um segundo momento**, descreve-se a concepção da pesquisadora, baseada em alguns autores, a respeito da construção do conhecimento, nos diversos aspectos, epistemológicos, científicos e axiológicos. Finalmente, **em um terceiro momento**, consideram-se alguns aspectos relacionados às funções da política educacional, das universidades e do professor, tríade fundamental e responsável pelas transformações sociais.

1.1) Cenário Tecnológico

Quando se propõe tecer reflexões sobre as **inter-relações** entre a Educação, a sociedade e a Tecnologia, com vistas a delinear um cenário tecnológico que se estabelece, cada vez mais intensamente, faz-se necessário esclarecer a visão da pesquisadora sobre as inter-relações, mencionadas. Assim sendo, concebe-se a Educação, a sociedade e a Tecnologia como contextos inter-relacionados, nos quais se percebe um dinamismo, permeando essas inter-relações, que busca, cada vez mais, ultrapassar os limites e as fronteiras de cada um desses campos do conhecimento, sem, porém, deixar de preservar suas características e especificidades próprias. Desse modo, tem-se a transdisciplinaridade.

1.1.1) Transdisciplinaridade

Segundo Crema (1993), transdisciplinaridade, em sua concepção literal, significa transcender a disciplinaridade. Dessa forma, julga-se importante o esclarecimento sobre disciplinaridade. Conforme suas palavras:

> "O enfoque disciplinar, na atualidade, pode ser considerado um dos frutos mais típicos e substanciais do racionalismo científico, que modelou, nos últimos séculos, a mente e a atitude básica do ocidental. (…) O instrumento básico desta perspectiva (disciplinar), portanto, é o método analítico. Analisar é fracionar um todo nos seus elementos constituintes. É um método de decomposição centrado nas partes, desenvolvido no século XVII, por Descartes. (…) O enfoque disciplinar analítico gerou a especialização. (…) Transdisciplinaridade é um significativo passo além, um avanço qualitativo. Representa a convocação para a mesa de reflexão e sinergia, ao lado dos cientistas e técnicos, dos "exilados" do exaltado império da razão: os artistas, os poetas, os filósofos e os místicos." (p.132).

Weil (1993) refere-se à transdisciplinaridade, afirmando que, de acordo com Basarab Nicolescu, foi Piaget o primeiro a usar o termo "transdisciplinar", e definiu esse termo, como:

> "… enfim, no estágio das relações inter-disciplinares, podemos separar o aparecimento de um estágio superior que seria "transdisciplinar", que não se contentaria em atingir as interações ou reciprocidades entre pesquisas especializadas, mas situaria essas ligações no interior de um sistema total sem fronteiras estáveis entre as disciplinas." (Piaget, citado por Weil, 1993, p.30).

Nessa mesma perspectiva, Piaget, em sua palestra, ocorrida em Nice, no ano de 1970, sobre a Epistemologia das Relações Interdisciplinares, baseando-se em sua filosofia estruturalista, revela que o fundamento de uma investigação não é dividir a realidade em compartimentos separados ou em simples estádios correspondentes às fronteiras aparentes das disciplinas científicas, sobrepostos uns ao outros mas, ao contrário, deve-se, nas investigações, procurar interações e mecanismos entre os vários domínios do conhecimento.

Em outras palavras, isto significa que a interdisciplinaridade torna-se um "pré-requisito do progresso científico" (Piaget[1], citado por Steiner, 1993).

Quando o referido teórico explicita que a estrutura de uma ciência caminha para "além das fronteiras dos fenômenos", isto significa que os aspectos observáveis se manifestam como sistemas e esses aspectos só são compreendidos pela dedução lógica e, portanto, por inter-relações e conexões não observáveis como tais. Segundo Piaget, a medida em que uma estrutura ultrapassa o observável, conduz a uma alteração profunda na nossa concepção de realidade. Observa-se daí que sua concepção de estrutura caminha no sentido de "transformações subjacentes ao sistema" (Piaget, 1972a, citado por Steiner, 1993).

Assim sendo, se a busca pelas estruturas pode ser considerada como um "fator básico da interdisciplinaridade", então qualquer epistemologia interna que tenha como objetivo a caracterização das inter-relações existentes entre os observáveis e os modelos utilizados em uma ciência, constituir-se-á parte integral da epistemologia das ciências vizinhas e, dessa forma, tem-se o conceito de transdisciplinaridade.

Nessa mesma perspectiva, D'Ambrosio (1997) refere-se à transdisciplinaridade enfatizando que

> "A transdisciplinaridade não constitui uma nova filosofia, nem uma nova metafísica. Tampouco uma ciência das ciências. Muito menos uma nova atitude religiosa. Em todas as culturas o conhecimento está subordinado a um contexto natural, social e de valores. Indivíduos e povos criam, ao longo da história, instrumentos teóricos de reflexão e observação. Associados a estes, desenvolvem técnicas e habilidades para explicar, entender, conhecer e aprender, visando saber e fazer. Assim, teorias e práticas são respostas a questões e situações diversas geradas pela necessidade de sobrevivência e transcendência. A transdisciplinaridade é o reconhecimento de que não há espaço nem tempo culturais privilegiados que permitam julgar e hierarquizar – como mais corretos ou verdadeiros – complexos de explicações e de convivência com a realidade." (p.26).

Dessa forma, torna-se essencial que se **busque a transdisciplinaridade** quando se quer **compreender e descrever** as **inter-relações** entre a **sociedade**, a **Educação** e a **Tecnologia**. Essas concepções estarão permeando as análises e reflexões deste capítulo.

1.1.2) Inter-relações entre a Educação, a Sociedade e a Tecnologia

Ao exporem-se algumas considerações a respeito da relevância das novas tecnologias inter-relacionadas com a Educação e a sociedade, torna-se imprescindível buscar, na literatura, pesquisas, estudos e publicações que abordam essa temática.

Nesse sentido, busca-se nas sábias palavras de Weil (1993) o sentido de tecnologia. De acordo com suas palavras:

> "As raízes da tecnologia perdem-se na noite dos tempos. As primeiras técnicas agrícolas, a produção do fogo, a culinária, a fabricação de instrumentos de toda a espécie, como machado, arcos e flechas, fazem parte de uma fase arcaica da tecnologia. Essa tecnologia arcaica vem sendo substituída por uma tecnologia científica ou tecnociência, que pode ser entendida de duas maneiras: uma consiste em utilizar as descobertas científicas para criar ou aperfeiçoar métodos de atuação; a outra coloca a tecnologia à disposição da própria ciência. Estabelece-se, assim, uma relação de retroalimentação, que faz com que hoje seja, muitas vezes, difícil separar ciência de tecnologia." (Weil, 1993, p.18).

---

[1] Piaget, J. (1972a) *The Epistemology of Interdisciplinary Relationships*. In: Interdisciplinarity – Problems of Teaching and Research in Universities (pp.127-139). Paris: OECD-CERI.

Pelo significado das palavras delineadas acima, acredita-se que esta concepção baseada em uma relação de retroalimentação entre a ciência e a tecnologia implica em transcender a fusão entre esses dois domínios, dando origem a processos de busca e investigação de novas formas e meios de se compreender a realidade vigente, e, assim sendo, discordâncias e conflitos podem emergir desses novos processos, dessa nova lógica, que se estabelece, cada vez mais entre as pessoas. Pode-se inferir que essa nova lógica provoca um redimensionamento de conhecimentos, valores e crenças, modificando a concepção de mundo do sujeito.

Nessa mesma linha de raciocínio, D'Ambrosio (1997) ao referir-se à ciência na transição do século, discute sobre a "associação" da ciência e da tecnologia influenciando as novas maneiras de explicar a realidade vigente. Assim sendo, conforme as suas palavras:

> "A ciência e a tecnologia associam-se na busca de novas explicações, inevitavelmente, conflitos resultam dessa busca e das contradições sociais e políticas que daí derivam. Os novos modos de propriedade e de produção criam necessidades de novos modos de consumo. As explicações resultantes da ciência e da tecnologia dela derivada questionam esses mesmos modos de propriedade e de produção. Quase paradoxalmente, questionam também os próprios modos de explicação. Fecha-se assim, um ciclo de explicações." (p.116).

Convém analisar as considerações baseadas nas inter-relações entre a Educação, a Tecnologia e a sociedade no âmbito social e político, e assim sendo, recorre-se aos aspectos abordados por D'Ambrosio (1997), quando este explicita que as novas tecnologias – sobretudo a Informática e as telecomunicações – não devem ser operativas na criação de novas estruturas sócio-político-econômicas sem a dedicação plena de todos os envolvidos. Conforme suas palavras:

> "As novas tecnologias exigem o despertar de uma nova consciência. Revalorizam o indivíduo pelo que ele é, não pelo que tem. Alguns dirão: Quem manda é quem tem o hardware e o software. Não posso concordar. O hardware e o software são e continuarão sendo estúpidos, incapazes de iniciativas. (…) Assim como o hardware, o software só é operacional se houver um operador, e este é um indivíduo. Não há como remover dos seres humanos a capacidade de crítica – portanto a capacidade de resistência –, tornando operacional o sistema, como aconteceu no período colonial." (p.146).

Analisando as palavras acima expostas, infere-se que as novas tecnologias devem propiciar ao sujeito o poder pleno de expressão crítica, criativa e consciente na busca de uma integração digna e justa na sociedade, e não servirem de instrumentos de dominação política e social, resultando em uma submissão acrítica dos indivíduos. Em outras palavras, as novas tecnologias e os meios de comunicação, como a Internet devem possibilitar mecanismos para que os indivíduos se desenvolvam e se integrem plenamente no mercado de trabalho e na sociedade.

Nesse contexto, a Educação inserida no cenário tecnológico, desempenha uma função fundamental na criação de estruturas que levem em conta as novas maneiras de gerar e disseminar o conhecimento, as novas maneiras de produção e de consumo. Sabe-se que a Educação sozinha jamais conseguiu mudar a estrutura econômica de dominação e mais, não é ela a principal força para essa transformação. Porém sabe-se também que, em um contexto de evolução, de mudanças, o processo educativo terá um papel altamente significativo no conjunto dos fatores determinantes dessas transformações. No entanto, esse processo é tão mais valioso quanto mais compreendido como parte de um todo que só tem significado na medida em que integra esse todo. A Educação não é um suplemento da sociedade, mas faz parte da política voltada ao social que a sustenta.

Com essas perspectivas em mente, não há como negar que a informatização assume um papel inovador e transformador nas sociedades dos países do primeiro mundo. Hoje, com o advento de novas tecnologias, o computador torna-se uma "ferramenta" de uso natural e indispensável para a sociedade. Essa "ferramenta", pode ser exemplificada desde as grandes máquinas, os supercomputadores, instalados nos grandes centros de computação, até as pequenas máquinas, caracterizadas pelos microcomputadores e microprocessadores, presentes nos ambientes de mais comum acesso no dia-a-dia, e mesmo nas residências, complementando os "equipamentos inteligentes", que vão desde os automóveis, telefones, video games, até os microondas.

No caso do Brasil, a queda das barreiras protecionistas (reserva de mercado), está levando o indivíduo a um incremento ainda maior no uso de tal tecnologia. Assim, com um atraso no tempo, a sociedade brasileira caminha, cada vez mais, para os seus benefícios, o que proporcionará, sem dúvida nenhuma, melhor qualidade de vida a todos (Miskulin, 1994a).

Quando se propõe refletir sobre as novas formas de gerar e dominar o conhecimento, sobre as novas formas de explicações do real, nesse novo cenário tecnológico, que se delineia aos poucos, com o advento da Tecnologia, faz-se necessário traçar um paralelo entre a sociedade e o indivíduo. Com as novas tecnologias qual seria o perfil deste que essa sociedade informatizada exige?

Sabe-se que, com a introdução, disseminação e apropriação das novas tecnologias em nossa sociedade, tem havido uma utilização maior da Informática e da automação nos meios de produção e de serviços, gerando novos comportamentos e novas ações humanas. Tal cenário exige e necessita um novo perfil de trabalhador. Nesse sentido, pode-se ressaltar o processo cada vez mais disseminado da automação nas linhas de montagens de automóveis; da automação nos processos de fabricação de aparelhos eletrônicos; da informatização dos sistemas bancários; dos sistemas informatizados das companhias aéreas, em seus mais variados serviços, entre outros. Tais ambientes exigem, sem dúvida nenhuma, uma nova formação do cidadão, um novo perfil do trabalhador com um nível qualificado de informação, com conhecimento crítico, criativo e mais amplo, resultando em condições que lhe permitam integrar-se plena e conscientemente nas tarefas que, possivelmente, desempenhará em sua profissão e em sua vida.

Nessa perspectiva, qual seria a função da Educação e da escola nesse contexto? A Educação deveria proporcionar a formação plena e integral do sujeito, formar indivíduos críticos, conscientes e livres, possibilitando-lhes o contato com as novas tecnologias, para que eles não percam a dimensão do desenvolvimento tecnológico que perpassa o país. Além disso, deveria procurar estratégias que minimizassem a fragmentação acadêmica que aceita o desvínculo entre o trabalho e a produção, o cognitivo e o afetivo, entre o individual e o social, buscando um novo paradigma educacional. Assim sendo, os educadores, devem estar abertos para essas novas formas do saber humano, novas maneiras de gerar e dominar o conhecimento, novas formas de produção e apropriação do saber científico, e novas maneiras de consumo, isto se não quiserem ficar estagnados em métodos de ensino e teorias de trabalho obsoletos.

Nessa linha de pensamento, enfatizando as concepções e idéias acima delineadas, Gatti (1992), reflete sobre a questão da Informática na sociedade moderna, referindo-se à

escassez de informações existentes sobre aspectos relacionados à Informática no contexto educacional.

Nesse sentido, a referida autora postula que o universo tecnológico está trazendo para o nosso dia-a-dia uma nova linguagem, novas formas de pensar, e novas maneiras de se refletir essas formas de pensar e, que este fato não está sendo atualizado a nível dos educadores, nem, ao menos, tem feito parte das discussões no âmbito escolar. As mudanças educacionais que têm sido propostas, em vários níveis, podem não chegar ao avanço esperado, caso não se apropriem das novas produções do homem e das necessidades da sociedade e, assim sendo, permanecerá a escola alheia a essas novas formas de produção, e conseqüentemente, a essas novas formas de pensamento. Porém, essa mesma autora ressalta ainda que este universo vai se abrir de qualquer forma, na medida em que os vários segmentos da sociedade vão incorporar essas tecnologias, e, assim sendo, pela importância que vêm assumindo, passa-se a criar mecanismos paralelos ou substitutivos da própria estrutura escolar que atendem a essas novas necessidades e, nesse aspecto, a escola será, "ou renovada, ou superada, ou substituída" (Gatti, 1992, p.156).

Concordando com as idéias acima apresentadas, acredita-se que a escola não necessite ser superada ou substituída, mas sim, renovada. Essa renovação exige que haja uma incorporação de mecanismos que possam propiciar uma verdadeira integração da escola às novas produções e necessidades da sociedade, tornando-se, cada vez mais, produtiva para que os alunos possam integrar-se plenamente no setor produtivo da sociedade em que vivem. E, além disso, a renovação da escola pressupõe uma intensa reestruturação e reorganização dos conteúdos a serem abordados e, ainda, uma transformação nos métodos de trabalho e teorias de ensino, adequando-os às necessidades e exigências da sociedade. Um outro fato extremamente importante na possibilidade de renovação da escola constitui-se na modificação e transcendência das estruturas básicas das disciplinas, ou seja, trabalhar com abordagens novas, relacionadas a projetos transdisciplinares, nos quais a Informática inter-relacionada a aspectos culturais, sociais, axiológicos, entre outros, possibilite o surgimento de elos de conexão entre os assuntos abordados.

Dessa forma, verdadeiros ambientes de aprendizagem estarão sendo oferecidos aos alunos, que necessitam encontrar, no âmbito educacional, um contexto propício para a construção e disseminação do conhecimento. E, além disso, descobrirem meios e caminhos que os conduzam a uma plena inserção no mercado de trabalho. Reforça-se, novamente, que cabe à Educação, através da escola, criar mecanismos que possam oferecer essa formação a nossos alunos, pois sabe-se que, somente através de indivíduos bem educados é que se torna possível o desenvolvimento pleno de um país. Porém, indivíduos bem educados significam seres conhecedores de seus direitos e deveres, atualizados e, acima de tudo, seres conscientes de suas funções na construção e transformação de uma sociedade em desenvolvimento e mudanças, como é o caso do Brasil.

Nesse sentido, recorre-se às sábias palavras de D'Ambrosio, quando este se expressa sobre um modelo educacional que possibilite o desenvolvimento pleno do indivíduo em todas suas potencialidades, integrando-o de forma justa na sociedade. Assim sendo, postula que "… Não será apenas através de uma burocracia bem estruturada, democraticamente elevada ao poder, e de indivíduos bem treinados, aos quais se dará direito e capacidade, melhor dizendo habilitação para trabalhar, que se construirá essa nossa sociedade." (D'Ambrósio, 1990, p.52) (grifo da pesquisadora).

O modelo educacional, em favor de uma reconstrução social, necessariamente, passaria pela:

> "... reconstrução do próprio conhecimento científico e conseqüentemente da conceituação de progresso, de modernização e de desenvolvimento, sobre os quais repousa toda a estrutura social vigente. (...) Não será mediante práticas "ducativas" (de ducare = conduzir) que se atingirá isso, mas através de práticas verdadeiramente "exducativas", tirando para fora de cada indivíduo o que seu potencial criativo oferece. A "ducação" que leva ao domínio de uma bateria de conteúdos é o mecanismo classicamente adotado para subordinar comportamentos e modelá-los para servir, sem qualquer crítica, a uma ordem pré-estabelecida." (D'Ambrosio, 1990, p.52) (grifo da pesquisadora).

Analisando as palavras acima, infere-se e acredita-se que a reconstrução social, que se almeja para este país, perpassa pela Educação de qualidade a todos os indivíduos, para que eles possam participar ativamente da sociedade, como cidadãos críticos, conscientes e livres. Nesse contexto, a Informática poderá desempenhar um papel fundamental no desenvolvimento dos diversos setores da sociedade.

Com o objetivo de reforçar essas idéias, recorre-se a Dimenstein (1998), o qual enfatiza que nos países mais desenvolvidos, como os Estados Unidos, por exemplo, a Informática demanda uma mão-de-obra especializada para o desenvolvimento e crescimento continuado do país, em uma amplitude maior do que o sistema educacional americano pode oferecer. Assim sendo, estima-se que, no início de 1998, havia uma carência de quatrocentos mil profissionais na área de alta tecnologia, especialmente de programadores e analistas de sistemas. O governo americano resolveu entrar na caça internacional dessa mão-de-obra, investindo oito milhões de dólares na obtenção de indivíduos qualificados tecnologicamente, ao redor do mundo. Imagina-se que o não suprimento dessa mão-de-obra necessária, colocará em risco o crescimento do setor de Informática, vital para as exportações e para o pleno desenvolvimento e crescimento da sociedade americana.

Fatos como esse, mostram a importância da tecnologia no desenvolvimento de um país e a relevância de se investir no indivíduo, desde a sua formação básica até a superior, possibilitando, dessa maneira, a formação de uma mão-de-obra qualificada com o objetivo de fazer com que o próprio desenvolvimento do país se realize também através da Educação.

1.1.2.1) As Novas Tecnologias e a Globalização

Transpondo essas idéias para um contexto mais amplo, ressalta-se que a sociedade capitalista mundial está cada vez mais, vivenciando um processo de globalização. A mentalidade que impera relaciona-se à integração plena do indivíduo nesse contexto globalizado, como um ser atuante, crítico e consciente de seus direitos e deveres. Assim sendo, questões se apresentam aos educadores preocupados com essa nova realidade, quais sejam: Como se concebe globalização? Como a globalização interfere no processo educacional? Qual a relação da globalização com a Tecnologia?

Essas questões, extremamente complexas, poderão servir como reflexão, neste trabalho de pesquisa. Desse modo, com o objetivo de traçar um esboço das questões acima delineadas, buscam-se concepções e idéias em teóricos, educadores e cientistas que abordam essa temática.

Assim sendo, Paulo Paiva (citado por Nascimento Neto, 1996) afirma que a globalização é a integração econômica e tecnológica dos países. A globalização da economia

não se constitui em um processo ideológico, trata-se de um movimento de transformação social e de produção que poderá permitir melhoria de qualidade de vida a todos os cidadãos e domínio cada vez maior de suas potencialidades naturais.

Nessa mesma perspectiva, Fernando Henrique Cardoso (citado por Nascimento Neto, 1996) esclarece que

> "A globalização está multiplicando as riquezas e desencadeando forças produtivas numa escala sem precedentes. Tornou universais valores como a democracia e a liberdade. Envolve diversos processos simultâneos: a difusão internacional da notícia, redes como a Internet, o tratamento internacional de temas como meio ambiente e direitos humanos e a integração econômica global."

Para Schwartz,

> "A globalização é a nova expressão para um fenômeno antigo, a organização de empresas e economias em escala planetária. No século XIX, falava-se em "imperialismo". Na segunda metade do século XX, a internacionalização das empresas começa a ganhar cada vez mais força. Nos anos 50 e 60, o destaque maior é a expressão das multinacionais. Nos anos 70 e 80, a vanguarda vai para bancos e outras instituições financeiras, cujo poder aumenta com a crise da dívida externa dos países em desenvolvimento. Nos anos 90, além das multinacionais e dos bancos globais, ganham força os processos de liberalização comercial, culminando com a criação da Organização Mundial do Comércio. Para os otimistas, trata-se de movimento histórico cuja essência é o avanço da economia de mercado em todo o planeta, quebrando barreiras institucionais, culturais e econômicas. Para os pessimistas, a globalização é sobretudo financeira, animada por uma disponibilidade sem precedentes de dinheiro ocioso num mundo que cresce pouco, desemprega muito e convive, ainda, com formas cada vez mais sofisticadas de exclusão social e desigualdade tecnológica." (Schwartz, 1997).

Nessas perspectivas, retorna-se às questões acima mencionadas, quais sejam: Como a globalização interfere no processo educacional? Qual a relação da globalização com a Tecnologia? Não respondendo, mas tecendo reflexões sobre um tema tão polêmico e complexo, recorre-se a Dimenstein (1997) quando este comenta sobre a democratização do saber, no mundo globalizado, explicitando que

> "Com a globalização, as fronteiras perderam o valor. Por causa dos novos meios de comunicação, em particular a Internet – a rede mundial de computadores –, nunca em toda a história da humanidade idéias, informações e produtos circularam com tanta rapidez. Diante de um computador, qualquer indivíduo pode ter acesso ao mundo: desde museus, passando pelos mais importantes jornais, até a comunicação com amigos do outro lado do planeta, ao preço de uma ligação local. Esses avanços colocam novos desafios e ameaças, mas, ao mesmo tempo, democratizam o saber e facilitam o progresso." (p.9) (grifo da pesquisadora).

No âmbito educacional, a globalização pressupõe uma nova formação do indivíduo, uma formação que considere os avanços da tecnologia, possibilitando a sua plena inserção na sociedade, como um ser crítico, consciente e livre. Nessa abordagem, recorre-se a D'Ambrosio que reforça essas concepções afirmando que

> "A educação multicultural é a direção necessária que deve tomar o processo educativo para fazer face à complexidade de um mundo que se globaliza num ritmo crescente. O grande objetivo é evitar que o processo de globalização conduza a uma homogeneização, cujo resultado é a submissão e mesmo a extinção de várias expressões culturais. Assim como a biodiversidade é essencial para a continuidade da vida, a diversidade cultural é essencial para a evolução do potencial criativo de toda a humanidade. Novos modos de pensamento e de expressão só podem resultar de uma dinâmica de encontros culturais." (D'Ambrósio, 1997, p.63) (grifo da pesquisadora).

Das palavras acima comentadas, infere-se que a Educação, em um mundo globalizado, com a diversidade cultural oferecendo inúmeras possibilidades aos jovens, deve propiciar uma formação diferente da convencional, uma formação que proporcione ao sujeito escolher e disseminar aspectos significativos e importantes para a sua vida, diante de uma infinidade de informações; pensar criticamente, à frente de situações que exijam tomadas de decisões; conscientizar-se diante de problemas e fatos imprescindíveis para o seu desenvolvimento, tanto cognitivo, quanto afetivo, enfim, desenvolver o seu potencial criativo, integrando-se de maneira plena na sociedade em que vive.

Nesse contexto, a criatividade assume uma função norteadora no desenvolvimento de cidadãos cultos e livres. E, assim sendo, concebe-se a criatividade como o processo psico-emocional da geração de conhecimento. Baseando-se na descrição feita por D'Ambrosio (1990), segundo o qual, criatividade abordada por uma definição específica, como usualmente se encontra na literatura, ou seja, "... ter o poder e a habilidade de criar coisas ...", restringe a abrangência de sua significação. Nesse sentido, o autor concebe-a então, de uma maneira brilhante, qual seja:

> "O conceito de criatividade indiscutivelmente projeta o homem no Criador. Todas as maneiras de entender criatividade convergem para algo que escapa ao rotineiro, que rompe com o que é esperado e que traz novas dimensões que resultam de novas experiências, o indivíduo evolui em direção a uma liberdade total de condicionantes coletivos e atinge sua plena individualidade, retornando à sua disputa individual com o Criador. A maneira como se manifesta essa energia criativa e como ela se focaliza na produção de novos fatos, mentefatos e artefatos, é algo de fundamental importância na nossa ânsia de compreender esse elaborado processo mente-matéria." (D'Ambrosio, 1990, p.40) (grifo da pesquisadora).

Essas concepções elucidam a importância de oferecer uma Educação renovada, apoiada nos mecanismos da ciência e da tecnologia, que possa possibilitar aos indivíduos o desenvolvimento da criatividade e a preservação de valores humanos. Tal Educação exige novos conhecimentos, voltados para a organização social da produção e para a plena adequação ao mercado de trabalho, mais especializado.

Esses aspectos acima delineados, fazem parte de estudos e pesquisas que estão sendo cada vez mais, abordados e disseminados através de congressos, "workshops", conferências, e publicações na Internet.

1.1.3) Pesquisas e Publicações sobre a Inter-relação entre a Educação, a Sociedade e as Novas Tecnologias

As idéias e concepções, anteriormente delineadas, interferem e modificam a natureza e a estrutura das pesquisas e publicações a respeito das inter-relações entre a Educação, sociedade e Tecnologia. Assim sendo, discorrer sobre a importância das novas tecnologias na sociedade e na Educação conduz a reflexões contidas nos *Anais do II Congresso Ibero-americano de Informática na Educação*, realizado em Lisboa, em outubro de 1994.

Nesse Congresso, enfatizou-se que a Informática, através das manifestações no campo das tecnologias de processamento da informação e da comunicação, tem assumido um espaço cada vez maior e mais sólido, nas mais diversas atividades humanas, infiltrando-se nos vários segmentos da sociedade. A sua crescente disseminação provoca problemas de ordem profissional e transforma as concepções mais diversas sobre o exercício da cidadania, conduzindo o indivíduo a dúvidas e incertezas a respeito do próprio significado do saber.

Tal cenário desafia e influencia os diversos segmentos da sociedade atingindo a escola. Esta, por sua vez, deveria garantir que novas gerações pudessem usufruir desse mundo informatizado, apreciando e convivendo com a globalização e suas implicações, visando ao desenvolvimento integral do cidadão.

Segundo Ponte et al. (1994), o processo de conceber e avaliar a introdução das novas tecnologias de informação e comunicação, na escola, implica em uma nova dimensão de metodologias de ensino, de criação de materiais e dispositivos de apoios, enfim, necessita rever os fundamentos teórico-filosóficos que perpassam o contexto educacional. Esse processo não se limita, atualmente, a fronteiras nacionais e, por isso, necessita de uma troca de experiências e perspectivas entre os vários países (p.vi).

Ressalta-se que Portugal é um país que possui uma das mais vastas experiências no domínio da aplicação das novas tecnologias no âmbito educacional. Dentre outros, cita-se o Projeto Minerva. Além disso, possui uma ampla base cultural comum com os países da comunidade ibero-americana, como pôde ser constatado durante a realização do Congresso acima citado.

Nessa mesma perspectiva, procurando encontrar, na literatura, fundamentos que possibilitem elucidar as relações existentes entre a Educação, a sociedade e as novas tecnologias, recorre-se uma vez mais aos *Anais do II Congresso Ibero-americano de Informática na Educação* realizado em Lisboa, em 1994, já referido anteriormente.

Nesse congresso, muitas conferências, comunicações científicas e painéis foram apresentados; dentre eles, refere-se à uma das Conferências Plenária, proferida por Pílar Marín Santolaya, e intitulada: "*Tecnologias de la Informacion en Educacion: La Experiencia Europea*" (Santolaya, 1994). Essa pesquisadora explicita que, na década de 1980, ocorreu um importante desenvolvimento em tecnologias de informação na maioria dos países europeus.

Esclarece ainda que, desde 1982, a Divisão de Nuevas Tecnologías en Educación e desde 1989, a Task Force de Recursos Humanos, Educación, Formacíon y Juventud têm organizado seminários, projetos e estudos transnacionais permitindo que os diferentes especialistas dos estados-membros conheçam e aprendam as suas respectivas experiências. Desse modo, ressalta que cada vez mais a troca de experiência e informação, entre países, fortalece o desenvolvimento de pesquisas entre os diversos segmentos da sociedade.

A referida pesquisadora cita que a Direção Geral I da Comissão Européia, encarregada das relações exteriores, adotou o programa ALFA com o objetivo de promover a cooperação entre países europeus e latino-americanos no campo do ensino superior.

Esse programa tem como meta a promoção e o reforço da cooperação no campo do ensino superior entre a América Latina e a Europa. Objetiva superar as deficiências e suprimir as desigualdades e desequilíbrios entre os países, através da melhoria das condições de formação de recursos humanos qualificados. O programa, através de ações de formação e de intercâmbio de experiências e conhecimentos, pretende uma integração entre os centros de ensino superior latino-americano e europeu com a finalidade de melhorar a capacidade científica e tecnológica dos países beneficiários (Santolaya, 1994, p.5).

Essas iniciativas evidenciam a relevância da tecnologia na tentativa de superação das desigualdades sociais, propiciando a todos o acesso ao conhecimento e à informação.

Nessa mesma linha de pensamento, Dimenstein (1996), revela a disponibilidade cada vez mais crescente e facilitada do uso de computadores pelas diversas classes sociais. Assim sendo, informa que em um futuro imediato, vai se encontrar à disposição, com abundância de modelos, um computador que custa apenas quinhentos dólares, tornando esse poderoso meio de comunicação acessível à maioria das pessoas.

A grande revolução da era digital, é agora, a redução de um dígito no preço, democratizando em proporções jamais vistas o acesso à informação. Infere-se que o computador conectado às redes de dados pode tornar-se um extraordinário instrumento para se reduzir, com mais rapidez e menores custos, a miséria e a ignorância entre os povos.

No âmbito educacional, o uso de novas tecnologias, por exemplo, de computadores, poderia colocar os alunos de classes menos privilegiadas em contato com as ferramentas utilizadas, em grande escala, nos países do primeiro mundo. Os computadores passariam a ser um fator de abertura para novas possibilidades, novas transformações na vida das pessoas e, conseqüentemente, na concepção de mundo dos sujeitos. Nesse caso, o ensino adequando-se às novas tecnologias, deverá propiciar aos alunos a exploração dessas novas formas e caminhos, percorridos pelas ações humanas na transmissão de informações dessa nova lógica que está se instalando, justamente, para trazê-la a seus serviços e não se sujeitar a ela por desconhecimento. Esses são aspectos extremamente importantes, relacionados aos aspectos sociais, políticos e culturais sobre a introdução e disseminação da Tecnologia na sociedade e na Educação.

Ressalta-se que, hoje, o computador faz parte do cotidiano nos países do primeiro mundo. Há esforços no sentido de colocar as crianças e os jovens em contato com o que há de mais desenvolvido para que eles não percam a dimensão do desenvolvimento. Grandes centros de computação nos Estados Unidos, como o do Laboratório Nacional de Los Alamos criam facilidades para as crianças e para a comunidade utilizarem seus equipamentos. Os supercomputadores viram "brinquedos" para as crianças (Los Alamos, 1992).

Nesse sentido, no nosso país, constata-se que várias escolas têm se preocupado com os aspectos acima delineados. Algumas escolas privadas do estado de São Paulo têm adotado inovações no currículo, oferecendo matérias optativas de forma extra-curricular, tais como: ecologia, xadrez, capoeira, rádio, vídeo, educação sexual e informática. Esse fato evidencia-se através do convênio entre o Grupo (associação de 48 escolas particulares) e a Escola do Futuro, projeto que existe há cinco anos na USP, que intensificou o uso da informática no aprendizado (Folha de S. Paulo, 26/04/94, p.3-4).

Constata-se também a introdução da Informática em algumas escolas públicas, como por exemplo, o Projeto EDUCOM, estabelecido em 1983, e iniciado em 1985 entre o Núcleo de Informática Aplicada à Educação – NIED/UNICAMP, e duas escolas estaduais, EEPSG João XXIII, em Americana e EEPSG Tomás Alves, em Sousas, distrito de Campinas.

Após 10 anos de trabalho e pesquisa desenvolvidos nesse Projeto, Valente (1993b) afirma que

> "Finalmente, é possível perguntar se os objetivos do Projeto têm sido atingidos. Em grande parte sim. Por outro lado, ainda existe um caminho muito longo a ser percorrido. Por exemplo, a qualidade do ambiente Logo de aprendizado está aquém do ambiente que desejamos. É inquestionável que houve um enorme progresso se comparado com o que existia no início do Projeto, e a tendência é o aprimoramento cada vez maior. Entretanto, pode ser que nunca atinjamos o verdadeiro ambiente Logo

> descrito nos livros. E isso não é o mais importante. O importante é que estamos desenvolvendo algo em que nossos professores acreditam, algo que é fruto do trabalho deles e que é gerido segundo todas as dificuldades impostas pela rede pública de ensino. Somente assim o computador terá mais chances de entrar na escola pública e de sobreviver como uma alternativa metodológica do processo ensino-aprendizagem." (p.94) (grifo da pesquisadora).

Fatos como esses elucidam as iniciativas, ainda prematuras, da utilização de computadores na Educação. Porém, servem como exemplos para que professores e pesquisadores possam refletir sobre a importância do ensino frente às novas tecnologias. Desse modo, o que se deve enfocar nesse momento, na qualidade de educadora, é que o fato de as crianças aprenderem Matemática, ou outra disciplina qualquer, com o uso de computadores, desmistifica tanto as máquinas como a própria disciplina. E também há a oportunidade do uso dessa tecnologia na escola e não somente em cursos pagos a que nem todos teriam acesso, propiciando dessa maneira o pleno desenvolvimento do ser humano e sua integração na sociedade. Então, nesse sentido, infere-se que a Educação recebida pelos jovens passaria a ter um caráter não só conteudístico, mas, acima de tudo, se constituiria em uma força determinante na sua formação e no seu desenvolvimento integral e pleno como ser humano.

Um outro aspecto, abordado em Dimenstein (1996), informa que o presidente da República destinou quinhentos milhões de reais para a instalação de computadores nas escolas públicas. Com a redução no preço do computador, seria possível adquirir máquinas mais baratas e triplicar o número de escolas atendidas. Os professores das escolas públicas poderiam acessar pela Internet, artigos e livros, consultar bibliotecas em qualquer parte do mundo.

Nessa mesma linha de raciocínio, Simonson et al. (1997) enfatizam que milhares de livros, artigos e monografias têm sido escritos sobre a aplicação de computadores, e alguns dados de pesquisas indicam que o seu uso está, significativamente, mudando a Educação. Todavia, os referidos autores, questionam: "Alguém realmente demonstrou uma compreensão sobre os aspectos que tornam o computador uma inovação exclusiva? Respondem a questão, afirmando que, freqüentemente, computadores têm sido usados para melhorar a produtividade do ensino, de maneiras tradicionais, tais como: processadores de texto, ao invés da datilografia, mas os computadores não estão mudando a forma como o ensino e a aprendizagem ocorrem. Certamente, uma eficiência maior é desejável, mas muitos questionam se o verdadeiro efeito do computador, está ainda para ser descoberto (p.18).

As constatações acima delineadas mostram algumas das tendências educacionais de se adequarem os métodos de ensino e teorias de trabalhos às novas tecnologias e, dessa forma, proporcionarem o pleno desenvolvimento do ser em formação.

Nesta investigação buscando pesquisas que tenham como objeto de estudo a inter-relação entre a Educação e as novas tecnologias, recorre-se a uma outra Conferência Plenária do *II Congresso Ibero-americano de Informática na Educação* realizado em Lisboa, em 1994, proferida por Seymour Papert, pertencente ao Grupo de Epistemologia e Aprendizagem do Massachusetts Institute of Technology, USA, conferência essa intitulada: "*Making Sense of the Computer's Place in the Learning Environment: A Historical Evolutionary Perspective*" (Papert, 1994).

Em tal Conferência, destacaram-se seis aspectos relacionados com o lugar do computador em ambientes de aprendizagem. O primeiro deles ressalta a importância de

"se encontrar um caminho que mostre que alguma coisa tenha sentido a partir do desenvolvimento de conceitos para se pensar ou raciocinar sobre ela". No caso da Informática na Educação, segundo o referido autor, precisa-se de muitos conceitos para se pensar sobre Informática, para se pensar sobre Educação e para se pensar sobre os caminhos que o mundo da Educação pensa sobre Informática na Educação. O referido autor enfatiza ainda considerações metodológicas sobre a introdução dos computadores na Educação, mencionando que

> "Os piores erros ao se pensar sobre os usos de computadores na escola vêm de se indagarem questões erradas muito mais do que se darem respostas erradas à questões que estão sendo formuladas. Muitas "questões erradas" levam a perguntar o quanto as crianças aprendem em usar um tipo particular do software. Uma melhor questão consiste em perguntar o que um tipo particular de software significa para o desenvolvimento, a longo prazo, do ambiente de aprendizagem. Naturalmente, a longo prazo, a essência consiste no que é aprendido. Mas o que é aprendido amanhã, seguindo um certo método, pode ser um mal indicador do que será aprendido, seguindo aquele método por dez anos." (Papert, 1994, p.3) (grifo e tradução da pesquisadora).

Outro aspecto abordado pelo referido pesquisador refere-se ao fato de que um outro caminho para compreender alguma coisa é desenvolver "objects to think with". Explicita que, historicamente, Logo[2], serviu a dois propósitos. Sua utilização foi boa para crianças e outras pessoas. E, além disso, Logo permitiu a muitos educadores pensarem mais concretamente sobre a idéia de programação.

Segundo suas concepções, o referido autor acredita que os educadores não usufruíram dos benefícios a serem ganhos, porque eles puderam ver somente uma ou duas das muitas formas que o Logo pode tomar. Cita as várias formas de Logo: *Sprite Logo*, *Logo Writer*, *Microwords*, *Object Logo*, *Lego-Logo*, *StarLogo*, entre outras, dizendo que estas são especialmente formas boas para se pensar sobre programação a partir de diferentes ângulos.

Um novo aspecto abordado por Papert, nesta Conferência refere-se a: "Um outro caminho para se compreender alguma coisa é encontrar conexões com outras coisas".

Nesse sentido, afirma que, em contextos educacionais, considera-se a programação, geralmente, como uma referência para se obter instrução para computadores. Explicita que essa abordagem não faz justiça à programação como uma "idéia poderosa". Em outras palavras, relacionar programação com idéias que priorizam algoritmos, amplia pouco a idéia de programação. Na opinião do referido autor, uma amplitude real exige conexões com comportamento animal, com código genético, com princípios de engenharia, entre outros aspectos.

Tais conexões expressam-se como analogias para ajudar as crianças a compreenderem como escrever programas de computador. Segundo Papert, essas são idéias fundamentais para o pensamento do final do século vinte.

A abordagem histórica é um outro aspecto abordado por Papert na Conferência, acima citada. Nesse sentido, postula que para se compreender alguma coisa, deve-se tratar isto historicamente. A abordagem histórica é essencial para se evitar confusão nas discussões de questões políticas sobre o futuro de computadores na aprendizagem. Assim sendo, afirma que

---

[2] Enfatiza-se que a Linguagem Computacional Logo e a sua filosofia subjacente será devidamente explicitada no Capítulo 4, desta pesquisa.

> "É absurdo engajar-se em discussões sobre se crianças deveriam usar computador ou se elas deveriam usá-los por somente um tempo limitado. Tendências históricas em nossa sociedade tornam inevitável que elas usarão computador. Elas usarão computador o tempo todo que elas estiverem fazendo qualquer trabalho formal. É absurdo perguntar com que idade elas deveriam começar a usá-los. Elas começarão do começo. É inevitável que o computador será eventualmente o principal instrumento de escrita dentro e fora da escola. Nós temos que aprender separar tendências históricas de escolhas educacionais." (Papert, 1994, p.4) (grifo e tradução da pesquisadora).

Nessa abordagem, Papert menciona que se deve fazer escolhas, mas que a maioria das pessoas não sabe fazer a escolha certa. Utiliza-se desse argumento em defesa do uso do Logo, porém, acredita que os professores só devem usar essa linguagem computacional, se eles puderem perceber o Logo como uma tendência futura e quiserem ser eles mesmos parte dessa tendência.

Quanto a esse aspecto, na concepção desta pesquisadora, Logo é um ambiente extremamente importante no processo de ensino/aprendizagem da Matemática, tanto pelos seus aspectos interativos, quanto pela sua filosofia subjacente. Por se tratar de um aspecto fundamental nesta investigação, voltar-se-á a discorrer sobre esse respeito, ao longo desta pesquisa, sempre que se achar necessário.

Nessa mesma linha de pensamento, com o objetivo de mostrar a relevância de computadores no processo ensino/aprendizagem, recorre-se novamente ao autor, quando este em sua obra: *The Connected Family*, menciona que

> "Em toda parte do mundo há um amor apaixonado entre crianças e computadores. Trabalhei com crianças e computadores na África, na Ásia e na América, em cidades, em subúrbios, em fazendas e nas selvas. Trabalhei com crianças pobres e ricas; com filhos de pais letrados e analfabetos. Mas essas diferenças não parecem ter importância. Por toda parte, com muito poucas exceções, eu vi o mesmo brilho nos olhos, o mesmo desejo de se apropriar daquela coisa. E, mais do que querer isso, elas parecem saber que podem comandá-lo mais facilmente e mais naturalmente do que os seus pais. Elas sabem que são a geração dos computadores." (Papert, 1996, p.1) (tradução da pesquisadora).

Analisando as palavras apresentadas acima, enfatiza-se, novamente, que a Educação deve estar em consonância com os avanços tecnológicos que perpassam a sociedade atual, para que os alunos possam vivenciar ambientes significativos de aprendizagem, nos quais as novas tecnologias estejam presentes, possibilitando-lhes desenvolverem novas maneiras de gerar e disseminar o conhecimento.

Nesse momento, buscando oferecer aos pesquisadores e professores da área fatos que elucidem a inter-relação entre a Educação, a sociedade e as novas tecnologias, com o objetivo de descrever alguns aspectos que mostrem a importância da introdução e disseminação de computadores na Educação e na sociedade, recorre-se às concepções de Simonson et al. (1997), quando esses autores explicitam que

> "Vivendo em uma sociedade de informação baseada na tecnologia surgem novas expectativas relacionadas com a educação dos estudantes. Essas expectativas de mudanças sociais, juntamente com novas pesquisas sobre como as crianças aprendem, tem desafiado o modelo escolar tradicional. O modelo de ensino não é mais centrado no professor. Educadores e idealizadores de políticas educacionais reconhecem, a nível nacional, a necessidade crítica de reestruturar o processo ensino/aprendizagem, e de auxiliar os estudantes a se tornarem "pensadores" independentes, explorarem problemas complexos, aplicando o que eles aprenderam em situações de vida real." (p.4) (tradução e grifo da pesquisadora).

Nessa linha de raciocínio, quando se propõe tecer reflexões sobre a inter-relação entre a Educação, a sociedade e a Tecnologia, convém ressaltar que pensar sobre a introdução e disseminação da Tecnologia na Educação, não significa apenas pensar em artefatos tecnológicos, mas, sobretudo, significa refletir e pensar sobre Educação e sobre os possíveis benefícios que essa Tecnologia poderá trazer para a sociedade. Sabe-se que a utilização da tecnologia na Educação, por si só, não conduz à emancipação e nem à opressão de indivíduos, mas, por outro lado, tal Tecnologia está incorporada em contextos econômicos e sociais que determinam as suas aplicações. E, desse modo, esses contextos devem ser reavaliados, constantemente, para assegurar que as aplicações da Tecnologia na sociedade, desenvolvam e conservem valores humanos, ao invés de extinguí-los.

No cenário tecnológico, acima delineado, volta-se com a questão inicial deste capítulo, qual seja: Como se processa o conhecimento nesse novo cenário, no qual a Tecnologia se faz presente? Em outras palavras, quais componentes estariam subjacentes ao processo de construção do saber face às novas tecnologias?

1.2) Construção do Conhecimento no Cenário Tecnológico

> "Pedimos legitimamente ao pensamento que dissipe as brumas e as obscuridades, que ponha ordem e clareza no real, que revele as leis que o governam…" (Morin, 1991, p.7).

Quando se propõe, neste trabalho de pesquisa, refletir e tecer considerações a respeito do processo de construção do conhecimento em contextos múltiplos de resolução de problemas, nos quais a tecnologia, cada vez mais, e com mais intensidade, se faz presente, torna-se necessário uma reflexão crítica de como se processa a construção do conhecimento e, além disso, de uma fundamentação baseada em teóricos, cientistas e educadores que discutem e analisam a referida temática.

Nesse sentido, ressalta-se que esta é uma temática extremamente complexa, com múltiplas explicações que remontam a muitos séculos e gerações, permanecendo, até a atualidade, as dúvidas sobre quais componentes seriam subjacentes aos processos cognitivos, na construção do conhecimento.

Nessa mesma perspectiva, Gardner (1995), em sua obra *A Nova Ciência da Mente*, aborda a história da revolução cognitiva, mostrando como a ciência cognitiva procura através de instrumentos conceituais solucionar os problemas da natureza do conhecimento e sua representação na mente. Na busca de encontrar caminhos que elucidassem os métodos e o domínio dessa nova ciência, o autor encontra nas obras de cientistas cognitivos a explicação de que, entre outros aspectos, a ciência cognitiva está enraizada na filosofia.

Assim sendo, apresenta o célebre diálogo platônico de Mênon, no qual Sócrates tece considerações sobre o conhecimento de Geometria de um jovem escravo. Tal diálogo apresenta muitas questões e respostas no estilo socrático. No início do diálogo o escravo assevera que um quadrado composto por lados de duas unidades de comprimento contém quatro unidades quadradas de área. Logo a seguir, em resposta a um problema proposto por Sócrates, o escravo afirma que um quadrado de oito unidades quadradas de área contém lados com quatro unidades de comprimento. Nesse momento, Sócrates percebe que o escravo confundiu-se e não atentou para o fato de que o comprimento do lado do quadrado deveria ser a raiz quadrada de oito.

Tal diálogo não se propunha, unicamente, a revelar uma investigação sobre o conhecimento do escravo sobre Geometria, mas, mais do que isso, segundo Gardner (1995), tratava-se pela primeira vez na história intelectual humana de uma meditação prolongada sobre a natureza do conhecimento: qual a sua origem, em que ele consiste, como ele é representado na mente humana. E além disso, tratava-se de investigar como estava sendo proposta também uma teoria específica do conhecimento humano.

Para a filosofia grega, o domínio do conhecimento era por excelência inerente à Matemática e às Ciências Exatas. Nesse contexto, as formas mais puras de conhecimento consistiam das formas idealizadas ou arquétipos que poderiam ser vislumbrados na realidade. Uma compreensão específica de questões geométricas já era implantada na mente desde o nascimento do indivíduo. Cabia à instrução, conforme apresentado no diálogo do Mênon, trazer esse conhecimento inato à consciência (Gardner, 1995, p.18).

Segundo esse mesmo autor, o interesse dos gregos pela natureza do conhecimento e suas teorias polêmicas, continuaram a repercutir ao longo da tradição intelectual ocidental. Nos períodos do Renascimento e Iluminismo, os filósofos encontraram nas ciências empíricas as explicações sobre a natureza do conhecimento; um novo universo de pesquisadores denominados cientistas cognitivos vêm investigando muitas das questões que já eram tratadas na Grécia, há aproximadamente, dois mil e quinhentos anos atrás.

As questões sobre a natureza do conhecimento, em suas diversas dimensões, histórico-filosóficas, científicas, axiológicas, entre outras, têm, permanecido, ao longo da história. Segundo Gardner (1995), os cientistas cognitivos atuais, assim como os filósofos pensadores do passado procuram entender "o que é conhecido — os objetos e sujeitos do mundo externo — e a pessoa que conhece", assim como compreender como o homem percebe o mundo, investigar sobre a memória e racionalidade, enfim buscar as fontes do conhecimento, de onde se origina, como é armazenado e recuperado e como ele pode ser perdido.

Nessa mesma perspectiva, refletindo sobre o que não se conhece a respeito do conhecimento, questões, como "o que eu não sei?"[3], surgem nos mais variados contextos e, desse modo, ressalta-se o paradoxo existente na relação entre o conhecimento de pessoas consideradas "experts" do conhecimento — ganhadores de Prêmios Nobel — e a ausência de conhecimento que eles mesmos reconhecem ter. Na concepção da pesquisadora, é exatamente a percepção e conscientização dessa relação paradoxal que propulsiona o avanço tecnológico e científico da ciência.

Nessa linha de pensamento, Ilya Prigogine, Prêmio Nobel de Química, 1977, ao tecer considerações sobre a natureza do conhecimento e o desenvolvimento da ciência em uma visão global do sistema, explicita que ao se questionar sobre "o que eu não sei?" remete-se a um outro questionamento, qual seja: "o que eu sei?". Sua resposta expressa-se por: "muito pouco". Essa resposta exprime sua convicção teórico-filosófica de que se encontra no "final" da era da história das ciências que começou com Galileu. Segundo Prigogine, "… a ciência clássica insistia no equilíbrio, na estabilidade. Aos poucos, tornamo-nos conscientes da complexidade inerente ao Universo" e, na opinião da pesquisadora, a conscientização desse

---

[3] Prigogine (1995) *O que eu não sei - Seis ganhadores do Prêmio Nobel contam sua relação com a falta de conhecimento*. Folha de S. Paulo. 26/03/95. C-6. p.16-17.

estado é o prelúdio de uma nova forma de racionalidade, que se situa na fase inicial deste processo.

Quanto mais se explora o Universo, na visão do referido pesquisador, mais se vislumbram surpresas a respeito dos elementos narrativos inerentes a todos os níveis deste Universo. Nesse sentido, lança-se a questão: o que viriam a ser tais elementos narrativos? Na concepção da pesquisadora, representariam as novas formas de leitura do Universo, novos paradigmas, novas maneiras de interpretar o fenômeno existente. Essas novas formas de compreensão do Universo não estariam vinculadas às leis deterministas da ciência normal, visto que já se fazem presentes o reconhecimento e a conscientização das estruturas complexas inerentes ao sistema gerado pelo caos.

Segundo Morin (1986), quando a realidade começa a entrar em crise, novos paradigmas do conhecimento passam por uma transição, e nesse sentido, os velhos sistemas e as ideologias obsoletas naufragam e se estabelecem o caos e a perplexidade. A partir disso, a substância da realidade desagrega-se nas equações da física quântica, e, segundo as próprias palavras de Morin, "a partícula deixa de ser o tijolo elementar do Universo para se tornar uma noção fronteira entre o concebível (...) e o inconcebível (...) todos os avanços do conhecimento nos fazem aproximar de um desconhecido que desafia os nossos conceitos, a nossa lógica, a nossa inteligência". Segundo o referido autor, é a partir das descobertas recentes da física quântica que se estabelece a reintrodução do sujeito no processo de observação científica, com sua subjetividade e sua historicidade, um ser mutável, inserido em um processo dinâmico em busca do conhecimento, com suas crenças, valores, resgatando a sua subjetividade e incorporando-a em seus esquemas lógicos do conhecimento (Morin, 1986, p.18).

Nessa mesma linha de investigação, D'Ambrosio (1994a), explicita que a origem das ciências e das práticas, dos modos de comunicação e das línguas, assim como, das religiões, das artes, enfim de tudo o que se chama **conhecimento** têm sido reconhecida, ao longo da história, através de esforços e empenhos de indivíduos e de sociedades na busca de explicações de novas maneiras de se tratar e de se conviver com a realidade natural e sócio-cultural. Nesse sentido, conforme suas próprias palavras:

> "Todo conhecimento é resultado de um longo processo cumulativo de geração, de organização intelectual, de organização social, e de difusão, naturalmente não dicotômicos entre si. Esses estágios são normalmente estudados nas ciências chamadas cognição, epistemologia, história e educação ou política. Esse processo, extremamente dinâmico, jamais finalizado, está obviamente sujeito a condições muito específicas de estímulo e subordinação ao contexto natural e sócio cultural. Assim é o ciclo de aquisição individual de conhecimento." (D'Ambrosio, 1994a, p.1) (grifo da pesquisadora).

Ressalta-se que o ciclo de aquisição do conhecimento, explicitado acima, acompanha as diversas transformações que perpassam as sociedades. Transformações estas que estão, atualmente, impregnadas pela tecnologia, e que influenciam as formas de explicações da realidade natural e social e as novas maneiras do indivíduo conceber o mundo que o cerca, transformando suas crenças e valores, interferindo nos modos de criação e apropriação do conhecimento e, assim sendo, produzindo um comportamento intercultural.

Nesse sentido, D'Ambrosio (1994a), aborda a interculturalidade e, postula que códigos e símbolos tornam-se universais e, desse modo, influenciam de maneira significativa as formas de explicação, de convívio e de tratamento da realidade natural e social do conhecimento, resultando na ciência moderna e suas conseqüências.

Considera, ainda, que as mais diversas formas dos meios de comunicação de massa têm projetado esse interculturalismo à dimensões cada vez mais amplas, resultando, na maioria das vezes, conforme suas próprias palavras: "na geração de novas formas culturais, identificadas com a modernidade" (D'Ambrosio, 1994a, p.3).

Esse mesmo autor ressalta que, com o advento de novas tecnologias, vive-se, atualmente, em uma sociedade na qual a tele-informática permite a interação entre indivíduos, entre países, abrindo enormes possibilidades de formas de conhecimento, de comportamento e de compreensão da realidade, propiciando assim, interações e "ações comuns" entre os homens.

Historicamente as diferenças intraculturais sempre existiram e, hoje em dia, com o avanço e progresso da tecnologia essas diferenças se tornam cada vez mais visíveis, visto que os meios de comunicação habituais como rádio, televisão, jornais, revistas, entre outros, não são mais os únicos veículos que revelam as características e peculiaridades dos povos. A rede de comunicação Internet torna-se, nesse cenário, um dos meios poderosos, à medida que o indivíduo, ao acessá-la, buscando informações, poderia transcender os limites de sua própria cultura, e, até mesmo, transcender as novas formas culturais, criadas nessa interação. (D'Ambrósio, 1994a, p.4).

Este tema é extremamente complexo e merece estudos e reflexões dos educadores. Porém, não se pode ficar alheio ao fato de que as novas tecnologias possibilitam a partilha de informações entre os povos, transformando as maneiras e as formas de comunicação, criando-se uma nova forma que vai além das características e da diversidade dos indivíduos que se comunicam. Essa partilha não significa apenas troca de informações entre pessoas, envolve aspectos mais amplos. Em outras palavras, sabe-se que o indivíduo se constitui em um ser histórico, social e cultural, que carrega consigo uma bagagem de conhecimento assimilado e produzido através de gerações, nas quais não só os aspectos epistemológicos são evidenciados, mas, acima de tudo, os axiológicos, isto é, as crenças, os valores e significados que interferem diretamente na construção de seus conhecimentos e na constituição de sua cultura. Esses aspectos inter-relacionados produzem a bagagem cognitiva do indivíduo, possibilitando-lhe a plena inserção na sociedade em que vive.

O processo de construção do conhecimento, no cenário tecnológico, assume uma nova dimensão. Uma dimensão que supera a convencional, que aborda conteúdos estanques, desvinculados de fenômenos atuais, da vida dos indivíduos, muitas vezes, sem significado e aplicabilidade. Tal dimensão pressupõe um conhecimento crítico, globalizado, condizente com os avanços tecnológicos, um conhecimento que propicie a plena integração dos indivíduos na sociedade.

Esse esboço de reflexões, considerações e inferências a respeito da construção do conhecimento, contextualizado no cenário tecnológico, representa somente algumas facetas das reflexões e inquietações desta pesquisadora, enquanto educadora preocupada com o avanço da Ciência e da Tecnologia. Essas facetas, contudo, não se esgotam nesse esboço, e, assim sendo, o importante seria considerar o próprio conhecimento como objeto do conhecimento, traduzindo-se em uma necessidade epistemológica do indivíduo, uma vez que este traz em sua existência princípios auto-críticos e auto-reflexivos, que traduzem a sua possibilidade epistemológica. Por outro lado, o objeto do conhecimento, comportaria os princípios de incerteza e auto-referência. Nesta relação epistemológica constituída, esta epistemologia teria necessidade de encontrar um ponto de vista que pudesse considerar o

próprio conhecimento como algo a ser conhecido, segundo a concepção de Morin (1990), um "meta-ponto de vista".

Ao mesmo tempo este "meta-ponto de vista" deve permitir a auto-consideração crítica do conhecimento, ao mesmo tempo que enriquece a reflexividade do sujeito cognoscente, e nesse sentido, abre espaço para se esboçar um ponto de vista epistemológico que propicie o controle, ou seja, a crítica, a ultrapassagem e a reflexão sobre a maneira de compreender e explicar o próprio conhecimento.

Com essas perspectivas em mente, no cenário tecnológico, esboçado acima, e levando-se em conta as concepções sobre a construção do conhecimento, questiona-se: Qual seriam as funções da política educacional, das universidades e do professor?

1.3) Funções da Política Educacional, das Universidades e do Professor

1.3.1) Política Educacional

> "Qual o objetivo desse ensino? Acumular conhecimentos úteis? Aprender a aprender? Aprender a inovar, a produzir o novo em qualquer campo, tanto quanto no saber? Aprender a controlar, a verificar, ou simplesmente a repetir?" (Piaget[4], citado por Mantoan, 1996).

Analisando a epígrafe acima, infere-se que a função da política educacional não pode constituir-se em proporcionar uma Educação que pressuponha um ensino que priorize indivíduos repetidores de conhecimento de outrem, indivíduos submissos e conformados com as desigualdades sociais, mas sim, uma Educação que pressuponha um ensino voltado à criação de indivíduos conscientes e livres, conhecedores de seus direitos e deveres, indivíduos que possam ajudar na construção de uma nação cada vez mais digna e justa e, dessa forma, contribuam para minimizar as diferenças sociais.

A política educacional brasileira deve estar atenta a um dos maiores desafios que perpassa a nossa sociedade atual, qual seja, o avanço tecnológico, cada vez mais acelerado, inserido em um contexto que prioriza a globalização da economia. Observa-se que a combinação desses dois aspectos traz como conseqüência o desemprego, com ameaças a paz social. Nesse sentido, a política educacional desempenha uma função fundamental no enfrentamento deste desafio. Ela deve considerar as profundas transformações tecnológicas e econômicas, e repensar o papel da educação na formação dos jovens em idade escolar, visando o estabelecimento de uma sociedade civil responsável e solidária, na qual se possa exercer plenamente a cidadania.

Uma questão que se delineia nesse cenário, expressa-se por: Será que as nossas escolas estão preparando os jovens para o exercício de funções que lhes propiciem uma vida digna e de qualidade? Eis aí um tema para reflexões.

Analisando essa questão, infere-se que as políticas educacionais, através das universidades e escolas, devem valorizar a formação integral de indivíduos críticos, preparando-os para a sociedade tecnológica, que se faz, cada vez mais presente, em nosso país, evitando, desse modo, que os indivíduos se sintam atraídos pelo deslumbramento tecnológico, que valoriza a técnica, em detrimento do discernimento crítico da utilização da tecnologia. Assim sendo, estar-se-ia gerando a ignorância informatizada, um mundo que

---

[4] Piaget, J. (1972b) Où va l'éducation. Paris: Denoel/Gonthier.

pressuporia indivíduos conhecedores de rotinas e técnicas que de nada adiantariam para o seu desenvolvimento pessoal e coletivo.

Ainda nesse raciocínio, Gatti (1992) refere-se à importância da compreensão das novas formas de processar o conhecimento, dos novos processos que se estabelecem com as novas tecnologias, enfatizando que

> " ... Porque podemos pensar que não precisamos dominar determinadas formas de tecnologia, nem a lógica dessa tecnologia, porque podemos manipulá-las – aí estaremos no mundo da técnica. Mas estaremos sendo manipulados porque poderemos manipular sim, mas segundo as regras de outrem que nos impõe formas de pensar e agir mecânicos, uma vez que não compreendemos o processo." (p.157) (grifo da pesquisadora).

O mundo da técnica, acima citado, manipula as pessoas, impondo-lhes formas de raciocinar e de agir mecanicamente. Deve-se compreender os processos inerentes à tecnologia, para que esses processos possibilitem a construção de um saber crítico e compatibilizado com os anseios da sociedade.

Dessa forma, uma das funções primordiais que a política educacional deve desempenhar consiste na possibilidade de prover mecanismos que possam oferecer uma Educação de qualidade a todos, condizente com o desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia. Para tanto, deve traçar planos e diretrizes para uma possível reestruturação da estrutura de funcionamento e, conseqüentemente, dos currículos das universidades e escolas, visando à adequação deles à realidade brasileira, em um contexto globalizante.

1.3.2) Universidades

> "O saber hoje é ele próprio um processo de aprender. O que se deve verificar no aluno não é tanto o que ele sabe, como o modo pelo qual sabe e quanto está habilitado a saber, o que ainda não sabe, quer dizer, se aprendeu a aprender, o grau de autonomia que vai adquirindo nessa sua capacidade de aprender." (Anísio Teixeira).

Analisar as funções das universidades no cenário tecnológico, acima esboçado, exige reflexões e considerações que abarquem aspectos relacionados às necessidades e aos anseios da sociedade. O retorno advindo de estudos e de pesquisas de ponta, desenvolvidos nas universidades, assume muitas vezes, uma dimensão pouco relevante, no momento em que a sociedade clama por oportunidades de empregos mais dignos, que exijam mentes conscientes e criativas.

Nessa perspectiva, D'Ambrosio (1997) explicitando sobre a importância da adequação do ensino frente aos atuais anseios da sociedade, na qual a tecnologia deveria estar voltada para uma melhor qualidade de vida e bem estar do indivíduo, preconiza que

> "A academia deve urgentemente reconhecer os novos paradigmas do conhecimento científico, partindo daí para uma nova dinâmica curricular, incorporando modelos interdisciplinares e transdisciplinares, assim como o multiculturalismo conseqüente." (p.86).

Transpondo essas concepções para o âmbito da universidade pública, pode-se observar e inferir que mudanças curriculares envolvendo transdisciplinaridade, em parte, esbarram na estrutura cartesiana da organização departamental, atualmente existente, a qual prioriza modelos de ensino estanques e muitas vezes, obsoletos. Tal constatação é inaceitável em uma universidade pública, mantida pelos cofres do governo, cujo objetivo primordial

deveria ser a democratização do saber e a disseminação de um conhecimento, cada vez mais renovado com os progressos da ciência e da tecnologia.

Essas idéias podem ser reforçadas pelas concepções do autor, acima citado, quando menciona que o jovem inserido em um ambiente, cada vez mais permeado com as novas tecnologias, encontra pela frente, nos diversos setores da sociedade, desafios e situações que exigem pensamento divergente e criativo. Nesse sentido, conforme suas palavras,

> "O jovem sabe que aprende muito mais fora da escola. Sabe que há uma nova prática para a aquisição de conhecimento. A escola está descompassada. Se pretendemos uma educação abrangente, envolvida com o estado do mundo, abrindo perspectivas para um futuro melhor, temos que repensar nossa prática, nossos currículos. Os objetivos da educação são muito mais amplos que aqueles tradicionalmente apresentados nos esquemas disciplinares. Devem, necessariamente, situar a educação no contexto da globalização evidente do planeta." (p.89) (grifo da pesquisadora).

Analisando e refletindo sobre essas idéias, esta pesquisadora, na qualidade de educadora, alerta para a necessidade urgente de se repensar a estrutura arcaica das universidades, reestruturando não só os currículos, mas acima de tudo, redimensionando os objetivos, e os valores que se querem atingir, com um ensino democrático em sintonia com a modernidade. Nesse sentido, acredita-se que às universidades, cabe a função inovadora de introduzir Tecnologia na sala de aula e explorar os efeitos desta na formação de qualidade dos indivíduos. Em outras palavras, as universidades deveriam estar irradiando o conhecimento e a experiência acumulada na utilização e disseminação da Informática no ensino. Todavia, observa-se na conjuntura atual que, esses aspectos, extremamente importantes, estão sendo constatados, de forma tênue, em algumas universidades brasileiras.

Nesse sentido, ressalta-se que alguns segmentos da academia estão preocupados em redimensionar o ensino universitário, tornando-o compatível com as novas tecnologias. Assim sendo, esse tema foi debatido em recente "workshop" – Atuação da Universidade no Uso de Novas Tecnologias no Ensino: Aprendizagem Presencial e à Distância – ocorrido na UNICAMP, no dia 16 de dezembro de 1998. Na plenária final do referido evento, uma das sugestões apresentadas consistiu no fato de a universidade promover cursos de aperfeiçoamento de professores sobre a utilização de novas tecnologias no ensino e colocar uma equipe de apoio para a confecção de "home pages". Além disso, a universidade deveria incluir no relatório trienal dos professores a apresentação de suas "home pages", nas quais estejam disponibilizadas informações de interesse acadêmico, tais como: ementas das disciplinas que estão sendo ministradas pelo professor no semestre; resumos e notas de aulas e resultados de avaliações. Tal inclusão teria como objetivo a promoção da quebra de resistências e de um maior envolvimento dos professores na utilização das novas tecnologias, em sala de aula. Tal envolvimento pressupõe a elaboração de cursos transdisciplinares, pois Tecnologia na Educação constitui-se em um campo de conhecimento transdisciplinar.

Conceber a informática educacional como uma área transdisciplinar pressupõe a presença de conhecimentos de diversas naturezas, como conhecimento de Telemática, de Ciência da Computação, de Comunicações visuais e gráficas, de Semiótica, de Psicologia e de Educação. Em outras palavras, supõe a busca de uma axiomática comum a todas essas áreas do conhecimento, transcendendo os limites de cada uma, criando uma dimensão nova e mais abrangente.

Nessa mesma linha de raciocínio, uma questão que inquieta os pesquisadores preocupados em adequar os métodos de ensino e teorias de trabalho aos avanços da tecnologia, traduz-se por: Como as universidades podem contribuir para a produção de um

saber disseminado e adequado às transformações sociais? Nesse sentido, acredita-se que uma universidade como a UNICAMP poderia exercer um papel de extrema relevância, abrindo alguns de seus laboratórios de Informática, fora do horário normal de utilização, com o objetivo de propiciar cursos de aperfeiçoamento para professores da Rede Pública, em convênios com a Secretaria da Educação da municipalidade, e do Estado. Esse deveria ser um dos serviços prestados por uma universidade pública a uma sociedade que a financia. As universidades também poderiam dar suporte "on-line" para o aperfeiçoamento dos professores, oferecendo cursos e, dessa forma, integrando o ensino às novas tecnologias, minimizando o hiato existente entre educação e sociedade.

Ressalta-se que essas mesmas facilidades poderiam ser aplicadas na área da saúde. Nesse aspecto, nos Estados Unidos, e, recentemente, no Brasil, algumas faculdades de medicina e organizações não-governamentais promovem gratuitamente consultas médicas "on-line". Conectando as universidades com os centros de saúde e hospitais, a população teria acesso aos serviços especializados, possibilitando o atendimento a um número maior de pessoas. Tais facilidades, sem dúvida nenhuma, proporcionariam a integração do homem aos avanços tecnológicos dos diversos segmentos da sociedade.

Essas reflexões, acima esboçadas, refletem-se na análise de alguns aspectos dos cursos atuais de Licenciatura. Estariam esses cursos contribuindo para a formação de professores-pesquisadores nas diversas áreas do conhecimento?

Constata-se que o ensino do terceiro grau, de um modo geral, pouco tem colaborado para mudanças efetivas na Educação, sendo que um dos fatores que contribuem para esse fato se relaciona à desarticulação entre ensino, pesquisa e cursos de extensão.

Os cursos de extensão, oferecidos pelas universidades, de um modo geral, exercem sua função de forma desintegrada da realidade das escolas de 1º e 2º graus, na medida em que enfatizam mais o aspecto de transmissão de novas teorias àqueles que só têm a prática, em detrimento da relação entre ambas.

Nesse sentido, quanto a desarticulação entre a teoria e a prática no contexto educacional, Magnani (1992), menciona que

> "Um dos caminhos possíveis está em se pensar, de outros pontos de vista, a divisão do trabalho educativo para além da dicotomia imobilista entre o trabalho manual e o intelectual, para que o professor (de todos os graus de ensino) construa, numa práxis compartilhada, a função de seu trabalho social de articulador entre a produção de conhecimentos e as necessidades didático-pedagógicas em sua articulação com as necessidades do conjunto da sociedade." (p.167) (grifo da pesquisadora).

As concepções acima, sobre as funções das universidade diante do cenário tecnológico, traduzem as preocupações e as ansiedades desta pesquisadora, na esperança de que surjam estudos e pesquisas que visem redimensionar e transcender o cenário atual das universidades, proporcionando, dessa forma, um possível caminho para minimizar o hiato existente entre a academia e a sociedade.

1.3.3) Relevância da Formação do Professor no Contexto Delineado

> "A primeira tarefa do educador…é pois a de procurar adaptar o aluno a uma dada situação, sem encobrir-lhe a sua complexidade. É moldar no espírito da criança – não um hábito novo, nem mesmo

> uma crença nova – mas um método e um instrumento novos que lhe permitam compreender e se conduzir." (Piaget[5], citado por Mantoan, 1996).

Como já mencionado, anteriormente, neste capítulo, a formação do professor inter-relaciona-se com as funções da política educacional, da universidade, e com a construção do conhecimento, no cenário tecnológico delineado acima, ou seja, a formação do professor não pode ser analisada e descrita de forma descontextualizada. Assim sendo, a questão que emerge, das mentes de educadores preocupados com o cenário acima delineado, se expressa assim: Como conceber a formação de professores nesse novo paradigma, no qual a tecnologia se faz, cada vez mais, presente?

De acordo com Paulo Freire, quando se compreende a Educação como possibilidade, descobre-se que o fenômeno educativo tem limites e sua eficácia provém exatamente do fato de ser limitável, limitada ideológica, econômica, social, política e culturalmente. Nesse sentido, explorar todas as possibilidades no âmbito do contexto educacional, deveria constituir necessariamente uma obrigação para a política educacional, um desafio para os professores e, por conseguinte, um incentivo para os jovens descobrirem, senão todo o universo que permeia a Educação na era da Informática, pelo menos o necessário para sua formação e inserção no mercado de trabalho, como ser integrante de uma sociedade que se transforma a cada dia.

Nessa mesma linha de pensamento, esse mesmo autor, alerta para a função transformadora da Educação quando mencionou aos educadores que estavam com dezoito anos, entrando em outro século, no início de sua vida criadora, conscientizando-os de que a Educação, apesar de não ser a chave da transformação do concreto para a recriação, a retomada da liberdade, será um elemento fundamental no processo de resgate da liberdade (Paulo Freire, citado por Gadotti, 1989, p.138).

Nesse sentido, é que o professor deve oferecer aos seus alunos verdadeiros cenários de aprendizagem, cenários esses que possam propiciar o resgate da liberdade do sujeito, o desenvolvimento de um indivíduo crítico, consciente e livre. Professores devem proporcionar cenários de pesquisas, com elaboração de projetos que estejam inter-relacionados com os problemas do dia-a-dia de seus alunos, da sociedade e do país. E, desse modo, estarão possibilitando e desenvolvendo uma Educação que leva em conta as transformações da sociedade, os aspectos importantes do país e, conseqüentemente, os seus alunos estarão, cada vez mais, aptos para o mercado de trabalho e para a vida futura.

Papert (1985), ao mencionar como deveria ser o desempenho do professor nesse contexto, onde o computador se faz cada vez e com mais intensidade presente, preconiza que

> "O educador deve atuar como antropólogo. E, como tal, sua tarefa é trabalhar para entender que materiais dentre os disponíveis são relevantes para o desenvolvimento intelectual. Assim, ele deve identificar que tendências estão ocorrendo no meio em que vivemos. Uma intervenção significativa só acontece quando se trabalha de acordo com essas tendências. Em meu papel de educador-antropólogo eu vejo novas necessidades sendo geradas pela penetração dos computadores na vida das pessoas." (p.50) (grifo da pesquisadora).

---

[5] Piaget, J. (1972a) *The Epistemology of Interdisciplinary Relationships*. In: Apostel, L. et al. (Org.) *Interdisciplinarity – problems of teaching and research in universities*. Nice: OCDE – Centre for Educational Research and Innovation.

Sob esse mesmo ponto de vista, D'Ambrosio ao tecer considerações sobre a Educação dessa nova era tecnológica, aborda a desmistificação dos conteúdos, mencionando que

> "Desmistificar conteúdos talvez seja o passo mais importante no momento atual. Será uma reedição do que se passou no Século XVIII, com a proliferação das Enciclopédias. O objetivo foi democratizar o saber, torná-lo acessível ao povo. (…) Hoje, com vídeos, CD-ROM, EAD, temos enormes possibilidades de desmistificar o saber. Os alunos que sabem disso, não podem respeitar o professor repetidor. A reação não tarda, manifestando-se como evasão e repetência, que é uma reação branda e desconcertante. Aprenderam a lição de 1968, que a reação deve ser sutil. Sabem que então não se conseguiu muito – na verdade, quase nada –, pois o establishment é mais experiente, capaz de reintegrar-se após o choque." (D'Ambrosio, 1997, p.99) (grifo da pesquisadora).

Das palavras acima, infere-se que o professor não deve, somente, repetir conhecimentos existentes, principalmente aqueles produzidos pela mídia, e apresentados como "prontos" e adequados a qualquer aluno e a qualquer aula, mas por outro lado, deve criar cenários de aprendizagem, os quais possam gerar novos conhecimentos, conhecimentos compatibilizados com as necessidades da vida diária dos alunos, proporcionando-lhes, dessa forma, um ensino de qualidade.

Magnani (1992), concebe um ensino de qualidade como sendo uma construção histórica e social, assim como a consciência que se adquire a partir do processo de sua construção e de sua atuação em determinado tempo e espaço, com raízes nas necessidades reais da sociedade. Nesse sentido, uma discussão que considera apenas a relação entre a qualidade de ensino e a formação do professor pode não contribuir para o avanço necessário ao raciocínio tautológico aí inerente (p.165). Dessa forma, na concepção da autora desta pesquisa, torna-se imprescindível que esses temas sejam analisados em um contexto mais amplo. Assim sendo, as novas dimensões sociais e políticas que vêm interferindo na Educação, como comentado neste capítulo, constituem-se em fatores relevantes para contextualizar os aspectos que permeiam a formação do professor.

A barreira que vem dificultando a conciliação entre o trabalho manual e o trabalho intelectual fez com que a formação dos professores se voltasse para o aspecto técnico, ou seja, o professor passou a ser um técnico do ensino, cabendo-lhe o domínio pleno da técnica, para que, efetivamente, atuasse com eficiência e racionalidade no sistema. Nesse sentido, a produção da tecnologia não faz parte de suas expectativas, pois o professor, nesse contexto é meramente um usuário das máquinas instrucionais, devidamente acompanhadas de manuais e treinamentos, conseqüentemente, não lhe possibilitando o desenvolvimento de sua capacidade criadora, do seu senso crítico, e até mesmo de reconhecer seu papel como educador-pesquisador numa sociedade e, por conseguinte, lutar por esses direitos.

Com essas concepções em mente, pode parecer ingenuidade e/ou utopia propor o uso da tecnologia nas escolas brasileiras. Porém, não se espera que, de um momento para o outro, professores transformem as suas aulas em verdadeiros laboratórios de Informática, mas, acima de tudo, almeja-se, com esta pesquisa, que professores e educadores reflitam sobre os seus métodos de ensino e teorias de trabalho, adequando-os aos avanços da tecnologia.

Nesse mesmo raciocínio, recorre-se à reflexão exposta por Gatti (1992), quando aborda temas relacionados à Informática na sociedade, no contexto da formação do professor. Conforme suas palavras:

> "Essa má informação e, até, a rejeição acrítica que gera, tem feito com que tratemos superficialmente a questão e tem nos levado a discussões redundantes que obscurecem as possibilidades educacionais dos objetos tecnológicos e informacionais. Parece-nos com efeito que os educadores não sabem o que é tecnologia, não sabem o que é uma filosofia tecnológica, e não sabem o que é lógica da informática. Então nós, educadores, estamos muito afastados desse universo, não por culpa nossa, mas por culpa de toda uma estrutura de formação que temos vivido. Quando temos, por exemplo, que discutir a relação de educação e trabalho, ficamos discutindo abstrações etéreas, porque não sabemos exatamente o que é esse mundo do trabalho, da técnica, da tecnologia. O que sabemos, por exemplo, da vida e da produção em uma fábrica de plástico? E é esse mundo que está aí." (p.156) (grifo da pesquisadora).

Nesse contexto, a autora acima referida diferencia a informática da micro-computação, quando explicita que: "... A Informática é um universo de reflexão sobre a possibilidade de produção, estocagem e disseminação da informação." (p.157).

Assinala, ainda, que, se os educadores permanecerem distanciados dessa área do saber humano, que é a Informática, estarão desconhecendo o que foi produzido e veiculado através de linguagens e ideologias específicas que possibilitaram a criação de novas condições para a comunicação e para as relações humanas.

Reforçando as concepções acima, acredita, ainda, que

> "O domínio ou, pelo menos, a possibilidade de desenvolver uma compreensão sobre os caminhos que estão sendo percorridos pelas ações humanas na direção de simplificar processos, de condensar processos e de transmitir e estocar informação, deveria se fazer acessível aos educadores. Estes, por sua vez, necessitam buscar e/ou estar prontos para receber essa formação. Precisamos, nós, educadores, abrirmos nossas portas para um universo novo, para uma formação renovada, como também trazermos para a educação profissionais que tenham um outro tipo de informação e que possam trazer a sua contribuição, mas no sentido de podermos conviver com essa nova lógica que está se instalando, justamente para trazê-la a nosso serviço e não nos sujeitarmos a ela por desconhecimento." (p.157) (grifo da pesquisadora).

Nessa mesma linha de pensamento, recorre-se a Mantoan (1996), quando essa explicita que

> "De certo que uma educação que tenha aspirações orientadas para um enfoque mais globalizante de mundo, conhecimento, sociedade e desenvolvimento pessoal não poderá prescindir das máquinas e muito menos do que o professor pode desenvolver por intermédio delas. Mas, como então incorporar a atividade de programação, as hipermídias, a telemática e outras inovações, à prática escolar e mais, como redimensionar o uso desses recursos a um ensino que busca novas metas? Eis aí o grande desafio com que se defrontam o professor e os que se dedicam à sua formação. (…) Os processos responsáveis por certos fenômenos mundiais que denunciam as transformações referidas, como a globalização econômica e cultural, a polarização social, entre outros, parecem ser tão ou mais significativos que o progresso tecnológico propriamente dito, na mutação do papel do professor. Ocorre que os processos referidos não podem ser detidos por força maior que os contenha, dado que se alastram e agem na surdina das consciências. O domínio das linguagens computacionais, a opção por essa ou aquela metodologia de ensino, por este ou aquele sistema e ideário educativos não serão suficientes, contudo, para caracterizar esse novo professor." (Mantoan, 1996) (grifo da pesquisadora).

Essas idéias acima esboçadas mostram a importância da Tecnologia na formação dos professores, proporcionando-lhes novas maneiras de gerar e dominar o conhecimento, e, ainda, possibilitando-lhes habilidades de aplicar com eficiência e criatividade esses conhecimentos, na sua vida. Contudo, a formação do professor não se restringe somente a conhecimentos advindos da Tecnologia, mas, sobretudo, essa formação deve ser compreendida de forma ampla, ou seja, deve prever conhecimentos e valores que estejam presentes nas transformações dessa nova ordem social advinda do processo de globalização.

Com as concepções e idéias apresentadas, neste capítulo, mostrando a relevância da introdução e disseminação da tecnologia na Educação e na sociedade, questiona-se: Como transpor e adequar essas concepções e idéias para o contexto da sala de aula? Assim sendo, o capítulo seguinte, aborda considerações sobre essa temática.

CAPÍTULO 2

INTRODUÇÃO E DISSEMINAÇÃO DE COMPUTADORES NA SALA DE AULA

> *"Tendências são construídas. Não são obras do acaso. Novas tendências são definidas continuamente por fatos, acontecimentos e eventos que se sucedem o tempo todo, num intrincado conjunto de influências mútuas. Fatos que já estão em desenvolvimento: é o presente moldando o longo prazo. Talvez muitos desses fatos ocorram sem premeditação, sem objetivos claros, quase por acaso. Muitos outros, porém, são provocados pelo esforço deliberado de pessoas que buscam construir o futuro, ao invés de serem empurradas pelos acontecimentos." (Oscar Motomura, In: Naisbitt et al., 1990).*

Ao refletir sobre a introdução e disseminação de computadores na sala de aula, dúvidas e questionamentos surgem a respeito deste tema tão polêmico e necessário nos dias de hoje. Assim sendo, apresentam-se a seguir as inquietações desta pesquisadora, permeadas de algumas reflexões.

Como adequar os métodos de trabalho e teorias de ensino às novas tecnologias? Como utilizar computadores para que eles não sejam somente mais um recurso didático disponível aos professores e alunos? Como a tecnologia pode servir ao ser em formação, e este não se submeter a ela por desconhecimento? Tais questionamentos constituem apenas algumas das inúmeras e polêmicas preocupações que se impõem aos professores-pesquisadores em Educação Matemática, preocupados em redimensionar as estratégias metodológicas e teorias de trabalho, adequando-as às novas tecnologias.

Nesse contexto, não respondendo, mas tentando delinear reflexões a respeito desses temas polêmicos, buscam-se, na literatura sobre o assunto, algumas abordagens relacionadas à **introdução e disseminação de computadores na sala de aula**. Dessa forma, propõe-se, neste capítulo, tecer algumas considerações sobre a introdução e disseminação de computadores no ensino de 1º, 2º e 3º graus. Para tanto, processou-se uma pesquisa que investiga como os computadores estão sendo utilizados em algumas escolas da rede pública de Albuquerque, Novo México, USA. Além disso, enfatiza-se também a abordagem dada por alguns professores universitários a respeito da introdução e disseminação da informática no ensino.

Convém ressaltar-se que as reflexões e considerações advindas desta pesquisa serão descritas através de três momentos distintos e inter-relacionados.

Em um primeiro momento, este capítulo apresenta a descrição de uma análise crítica sobre ambientes computacionais – softwares mais utilizados no ensino de 1º, 2º e 3º graus nas escolas. Tal descrição, fundamentada em diferentes autores, aborda alguns aspectos teórico-metodológicos subjacentes a esses ambientes.

Em um segundo momento, este capítulo apresenta aspectos teórico-metodológicos sobre a Internet, como um dos possíveis ambientes de aprendizagem.

Em um terceiro momento, este capítulo descreve e analisa criticamente depoimentos e entrevistas[1] de uma diretora de tecnologia de uma rede pública do ensino americano e de professores de 1º e 2º graus de escolas do ensino fundamental e médio, de Albuquerque, Novo México, USA. Também apresenta uma análise crítica de como a Informática vem sendo utilizada por alguns professores da Universidade do Novo México em Albuquerque (UNM).

Essas reflexões e análises têm como objetivo fornecer aos pesquisadores e professores da área uma visão de como a tecnologia pode ser utilizada no contexto escolar, possibilitando dessa forma, aos mesmos uma reflexão sobre os seus métodos de trabalhos e teorias de ensino, adequando-os aos avanços tecnológicos que se fazem presentes na educação e na sociedade, em nossos dias.

O objetivo mais amplo de realizar uma reflexão, como a descrita neste capítulo, consiste em mostrar algumas características teórico-metodológicas sobre o "estado da arte" da Informática na Educação, e além disso, contextualizar a Linguagem Computacional Logo, nesse cenário.

2.1) Ambientes Computacionais Utilizados no Ensino

Existem diferentes maneiras de classificar os programas computacionais que podem ser utilizados na Educação. Uma das maneiras, por exemplo, consistiria em categorizar de acordo com a natureza do software e suas propriedades, a qual, ressalta-se, será utilizada neste capítulo. Uma outra forma seria classificar pela finalidade para a qual o programa computacional é utilizado no processo educacional, assim como, informação, reforço, entre outros (Thomas & Boysen[2], citado por Simonson et al., 1997, p.93).

Uma outra maneira ainda de categorizar programas computacionais, seria a utilizada por Maddux et al. (1996), relacionada com o envolvimento do usuário no processo de utilização do software, a qual também será utilizada neste trabalho.

Maddux et al. (1996), no livro *Educational Computing: Learning with Tomorrow's Tecnologies*, discorrem, entre outros aspectos, sobre as diferentes maneiras de se utilizarem computadores na Educação. Assim sendo, define algumas características sobre aplicações computacionais, classificando-as em Tipo I e Tipo II.

As aplicações computacionais do Tipo I são projetadas para ensinar da mesma forma que já se ensina na escola tradicional, porém, de uma maneira mais fácil, mais rápida, ou mais eficiente.

As aplicações computacionais do Tipo II propiciam novas e melhores maneiras de ensinar (Maddux et al., 1996, p.18).

---

[1] Ressalta-se que as entrevistas originais, descritas e analisadas neste capítulo encontram-se gravadas em fitas cassetes.

[2] Thomas, R. A., Boysen, J. P. (1984) *A taxonomy for the instructional use of computers*. AEDS Monitor, 22 (11, 12), 15-26.

O referido autor explicita que dá grande ênfase às aplicações computacionais do Tipo II, mas que as aplicações computacionais do Tipo I não devem ser completamente evitadas. Conforme suas palavras,

> " … Não há nada de errado em fazer o ensino tradicional mais fácil, mais rápido e mais eficiente. De fato, boas aplicações computacionais do Tipo I, são úteis e convenientes, podem e devem desempenhar um importante papel. (Elas são usadas para livrar o professor de uma variedade de muitas e repetitivas tarefas, e, assim sendo, mais esforços podem ser devotados a um mais importante e mais criativo ensino.) Entretanto, aplicações computacionais do Tipo I, por si mesmas, não importam o quanto bem aplicadas elas forem, não podem justificar computação educacional para críticos, para outros educadores, para membros de conselhos de escolas, para legisladores ou para o público, em geral. O uso das aplicações computacionais do Tipo I é insuficiente, pois, computação educacional é muito dispendiosa para devotar inteiramente a problemas triviais. Apesar do custo em dólar estar diminuindo, hardware e software computacionais ainda exigem um substancial investimento financeiro." (p.18, tradução da pesquisadora).

O aspecto mais importante que Maddux et al. enfatizam consiste no fato de que, embora se deva utilizar, na sala de aula, esses programas, eles não são por si mesmos, importantes o suficiente para justificar o tempo, o esforço e o dinheiro requerido para introduzir e implementar computadores em escolas. É importante que as crianças aprendam fatos matemáticos, através desses programas, porém, outros meios e recursos didáticos menos dispendiosos podem ser utilizados com os mesmos propósitos (Maddux et al., 1996, p.21).

Com o objetivo de esclarecer ao leitor as diferenças existentes entre as aplicações computacionais do Tipo I e II, descrevem-se abaixo, algumas das características dessas aplicações.

Assim sendo, conforme o autor citado, as aplicações computacionais do Tipo I, geralmente, simulam um **envolvimento intelectual relativamente passivo**, por parte do usuário e, assim sendo, não requerem deste um alto grau de envolvimento intelectual ativo. Embora essas aplicações possibilitem aos usuários, a todo momento, expressarem suas respostas, elas não exigem pensamentos complexos e, tampouco criativos. Como exemplo desse tipo de aplicação computacional, há os programas de **Drill and Practice (Repetição e Prática)**, freqüentemente chamados de CAI (Computer-Assisted Instruction). Enfatiza-se que, mais adiante, neste capítulo, mais detalhes e características desses programas computacionais serão apresentados.

Quanto às aplicações computacionais do Tipo II, o autor acima citado refere-se a "electronic spreadsheets" (planilhas eletrônicas) como exemplo desses programas, e esclarece que "electronic spreadsheets" possibilitam ao usuário organizar dados numéricos e cálculos automáticos e comparações entre as várias particularidades dos dados que foram coletados, no desenvolvimento de um projeto, por exemplo. Convém assinalar que, ainda neste capítulo, serão definidos e tratados, com mais detalhes, esses programas computacionais.

O autor ainda classifica as diversas maneiras de se utilizar o computador na sala de aula, utilizando, como critério de classificação, as aplicações computacionais do Tipo I e II. Para um aprofundamento desse assunto, consultar Maddux et al., 1996, p.27.

Nessa mesma perspectiva, quando se discute sobre as várias maneiras de se utilizar aplicativos computacionais na Educação, pensa-se sempre em como esses recursos tecnológicos poderiam ser utilizados da melhor maneira possível para enriquecer o processo ensino/aprendizagem, e, além disso, desenvolver a criatividade, o raciocínio e diversas

habilidades nos estudantes. Em outras palavras, os professores-educadores devem sempre refletir sobre as possibilidades desses aplicativos no desenvolvimento de processos de pensamentos.

Observando-se aspectos e abordagens distintas, na literatura sobre a utilização de computadores na Educação, escolhe-se para a presente descrição, uma fundamentação teórica-metodológica baseada em alguns autores, que serão devidamente citados no desenvolvimento das idéias e concepções a respeito dessa temática.

Enfatiza-se ainda que o objetivo de descrever as diversas maneiras de se utilizarem programas computacionais nas escolas, entre outros aspectos, constitui-se no fato de possibilitar ao leitor uma descrição de alguns ambientes computacionais e suas características, que podem ser utilizados pelos professores no desenvolvimento de temas, em diversas áreas do conhecimento. Além disso, objetiva-se, com essa descrição, contextualizar a Linguagem Computacional Logo e suas implicações teórico-metodológicas neste cenário.

Dessa forma, recorre-se a Simonson et al. (1997) que, ao descreverem algumas categorias de software para computadores usados em Educação, referem-se a Papert, afirmando que

> "Como Papert (1980) sugere, descobrir os usos apropriados para o computador na Educação, tem sido um problema. Poucos negam o enorme potencial educacional dessa máquina, a qual pode tratar dados com uma velocidade e exatidão surpreendentes e está começando a simular pensamento e comportamento humano, mas muitos parecem concordar que nós temos ainda que refletir sobre todas as possibilidades da tecnologia." (Simonson et al., 1997, p.94) (tradução da pesquisadora).

Assim sendo, citam as seguintes categorias de softwares utilizados em Educação: Drill and Practice (Repetição e Prática), Tutorial Systems (Sistemas Tutoriais), Computer Simulations (Simulação), Problem-Solving software (softwares de Resolução de Problemas), Tool software (software de Ferramenta), Programming (Programação), Integrated Learning Systems (Sistemas Integrados de Ensino) e Computer-maneged Instruction (Instrução gerenciada por computador).

2.1.1) Repetição e Prática (Drill and Practice)

Em meados de 1968, Patrick Suppes e Richard Atkinson da Universidade de Stanford produziram programas de computadores que solicitavam uma resposta do estudante, fornecendo retorno imediato e, assim sendo, os estudantes passavam para o problema seguinte.

No modelo de Atkinson-Suppes, o computador apresentava aos estudantes problemas de um tipo específico gerados aleatoriamente, e os estudantes trabalhavam nesse tipo de problema até eles alcançarem um certo nível de eficiência. A partir daí, eles mudavam para problemas de natureza diferente ou mais complexa (Atkinson & Suppes[3], citado por Simonson et al., 1997, p.94).

Nessa mesma perspectiva, recorre-se à Druin et al. (1996), quando explicitam que Patrick Suppes é um grande mestre do uso do computador como um "Interative Textbook"

---

3 Atkinson, R. C., Suppes, P. (1968) *Program in computer-assisted intruction: Final report*. Washington, DC. Office of Education (DGEW).

(Livro Interativo). Ele é identificado com um estilo de instrução chamada de Drill and Practice (Repetição e Prática). Isso significa que ao estudante é ensinada uma série de assuntos escolares, através de exercícios moderados, que não são gerados ou repetidos, aleatoriamente. O assunto principal a ser estudado é analisado e dividido em partes as quais, por sua vez, são divididas em blocos de conceitos ou habilidades específicas. Cada bloco de conceitos contém exercícios de diferentes níveis de dificuldades que conduzem às mesmas habilidades específicas. A distribuição das misturas dos tópicos a serem trabalhados, e também exercícios são gerenciados pelo sistema computacional. Esse sistema de gerenciamento encontra-se no cerne do sucesso do trabalho de Suppes, e constitui-se em um importante elemento de suas pesquisas.

Suppes, um filósofo, por treinamento, e um filósofo de psicologia por interesse, bem como um professor de faculdade, possuía um compromisso com a melhoria da Educação. Seu envolvimento direto com a educação fundamental, começou em meados dos anos cinqüenta, como co-autor de livros textos de Matemática, que introduziam às crianças a matemática escolar através da teoria dos conjuntos.

Suppes emergiu da tradição behaviorista da psicologia. Nessa abordagem tradicional, estudos de pessoas ou animais baseavam-se em seus comportamentos, e não em hipóteses acerca de seus processos mentais. A teoria behaviorista com seus diferentes grupos, tornou uma influência dominante no pensamento psicológico educacional, nos Estados Unidos. A mensagem poderosa para os educadores, era que havia princípios e leis os quais poderiam ser transferidos para o ensino. O efeito dessa teoria foi sentido no desenvolvimento de testes-padrão. Em 1960, o trabalho de Skinner, em modificações comportamentais, era bem conhecido, bem como o desenvolvimento de "máquinas de ensinar", ou "instrução programada", reproduzidas em laboratórios e em livros textos. Reforço negativo tornou-se uma estratégia de ensinar, e também uma ferramenta psicológica (Druin et al., 1996, p.34).

Suppes, em seu trabalho, usando o computador como um livro texto interativo, nunca dizia aos alunos que eles estavam errados. Em retorno a uma resposta incorreta, o computador fornecia um reforço positivo, encorajando o aluno a tentar novamente, solicitando-lhe novas buscas e informando-lhe sobre a resposta certa.

Ressalta-se que, nos dias atuais, esses programas têm sido utilizados nas escolas americanas em algumas áreas do conhecimento, tais como, Ciências e Matemática.

Simonson et al. (1997) esclarecem que, até 1984, aproximadamente, 75% de todo software educacional produzido era uma variante desses programas. Com o objetivo de elucidar esse ambiente computacional ao leitor, recorre-se à Figura 2.1, apresentada por esse autor, que apresenta *Math Blaster*, um tipo de programa de Repetição e Prática (Drill and Practice).

Entretanto, em 1980, começaram a surgir críticas relacionadas ao uso desse modelo, considerando que, devido à sua simplicidade, o mesmo conteúdo poderia ser desenvolvido em sala de aula, sem a utilização do computador. Essas críticas sugeriam que drill and practice não representavam uma boa utilização dos computadores e ainda todo conteúdo que poderia ser desenvolvido com softwares do tipo drill and practice poderia ser desenvolvido com os recursos normais.

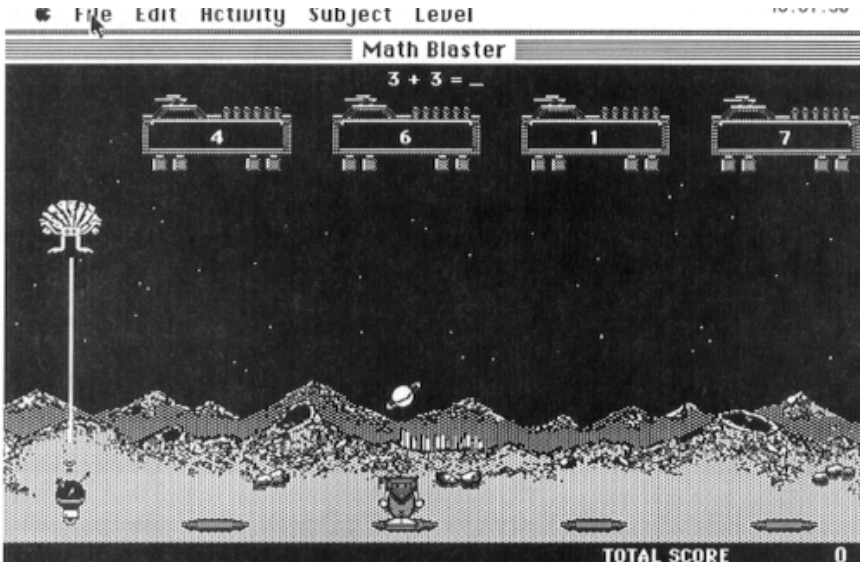


Figura 2.1 – Exemplo de Drill and Practice
Fonte – Simonson et al., 1997, p.96

Uma outra crítica sobre esses programas relacionava-se ao fato de que esses programas tendiam a enfatizar mais, nos usuários, habilidades intelectuais simples, tais como, repetição, memorização, entre outras, em vez de propiciar o desenvolvimento de habilidades intelectuais mais complexas.

Uma das vantagens de que os professores se valiam usando esses programas computacionais para introduzir a tecnologia na sala de aula, consistia no fato de que os mesmos não envolviam mudanças no currículo, ou ainda, não exigiam uma nova abordagem no processo ensino/aprendizagem e, para muitos educadores, esta abordagem foi a primeira tentativa de se utilizar tecnologia na sala de aula (Simonson et al. 1997, p.94).

Nos dias atuais, esses programas são mais sofisticados. A Milliken Publishing Company produziu uma série matemática que tem sido amplamente aceita nas escolas. Nesse ambiente computacional, as crianças são avaliadas antes de começarem a trabalhar no programa e colocadas em um nível apropriado. Assim sendo, elas prosseguem através dos vários níveis do programa, vencendo cada um, antes de receberem a permissão para continuar. O programa mantém o registro do desempenho das crianças, e, dessa maneira, elas podem retornar ao programa tantas vezes quanto desejarem. O professor pode também imprimir os dados dos alunos em qualquer momento do processo de interação.

Simonson et al. (1997), citam algumas das vantagens desses programas computacionais de drill and practice sobre os métodos tradicionais de ensino. Umas delas, citada pelos autores, consiste no fato de que tais programas fornecem aos estudantes um "feedback" imediato, enquanto que em exercícios com lápis e papel, o estudante deve repetir muitas vezes até obter um "feedback" do professor. Nesse sentido, com esses programas, os estudantes podem proceder na resolução de problemas de acordo com seu ritmo próprio. O programa determina quando o estudante captou o conceito, e só então coloca-o em um próximo nível, superior ao anterior.

Outra vantagem desses programas reside na função de armazenar dados. Muitos dos programas de drill and practice possuem funções de armazenamento de informações. Com

essas funções, em qualquer momento, o professor pode acessar o desenvolvimento de cada aluno, saber em que nível o aluno está operando, o tempo que o aluno gastou no programa e, o que é mais importante, detectar que conceitos os alunos realmente compreenderam no decorrer do processo.

Uma outra vantagem trata-se da motivação do aluno através do uso de gráficos e sons, recursos contidos em muitos desses programas. A motivação do "feedback" imediato, mantém os alunos interessados nesse ambiente computacional.

2.1.2) Tutorial (Tutorial System)

De acordo com Simonson et al. (1997), Tutorial consiste em uma outra categoria de software utilizado na Educação. Trata-se de programas que, como o nome indica, são projetados para agirem como tutores ou professores para o usuário.

Um exemplo desse programa computacional verifica-se no *Alphabetic Keybording*, um programa publicado por South-Western Publishing Company. Esse programa fornece informações para o usuário, que interage com as informações apresentadas, tendo um "feedback" imediato. Nos USA as escolas elementares e secundárias utilizam esse programa com o objetivo de ensinar datilografia para os alunos (Eisenhower Middle School, Albuquerque, Novo México).

Um outro ambiente que pode ser classificado como tutorial consiste em um programa desenvolvido pela Universidade de São Paulo (USP), em São Carlos, Brasil. Trata-se do Tegram.

O sistema computacional Tegram[4] é um sistema tutor criado por Turine (1994), da citada universidade, com o objetivo de auxiliar o processo de ensino/aprendizagem de conceitos relacionados à Geometria Plana. As atividades exploradas pelo sistema baseiam-se nas peças do Tangram (triângulos, quadrado e paralelogramo) com o intuito de estimular o interesse do aluno em resolvê-las, pois sabe-se que o Tangram envolve os estudantes em um processo dinâmico de resolução de problemas. Informações mais completas, a respeito desse ambiente computacional, serão apresentadas no Capítulo 3, desta pesquisa, o qual aborda alguns ambientes computacionais que podem ser utilizados no processo ensino/aprendizagem da Geometria.

Nessa mesma perspectiva, Simonson et al. (1997) citam algumas vantagens de se utilizarem tutoriais como um recurso didático importante na sala de aula. Assim sendo, enfatizam três aspectos importantes na utilização de tutoriais, na sala de aula: interação, individualização e eficiência.

Explicitam que um programa bem elaborado de tutorial deve fornecer ao usuário oportunidades de interagir com o ambiente. Essa interação não se restringe somente em dar respostas a uma série de múltipla escolha ou preencher questões. Mais do que isso, os usuários devem ter oportunidades de praticar novas idéias, fazer questões, testar hipóteses. Dessa maneira, os estudantes tornam-se cada vez mais ativos no processo de aprendizagem.

---

[4] Ressalta-se que o sistema computacional Tegram é um protótipo e o ambiente de desenvolvimento para implementá-lo é o Borland C^{++} para Windows.

Sobre o aspecto individualização, os referidos autores esclarecem que, um bom programa tutorial deve fornecer informações que se adequem às necessidades dos usuários. Referem-se ainda à dicotomia "controle do computador" versus "controle do estudante", e, nesse sentido, afirmam que, "Em alguns tutoriais, estudantes controlam os passos e dificuldades da lição, enquanto, em outros, o computador usa regras complexas para determinar o que o estudante fará no próximo passo". Esclarecem ainda que tentativas recentes de individualizar tutoriais incluem "sistemas tutoriais inteligentes", isto é, sistemas tutoriais baseados nos princípios de Inteligência Artificial (IA). Esses programas ICAI[5] contêm conhecimento de "expert", conhecimento sobre o estudante, e ainda as regras que explicam ou reduzem as diferenças entre os modelos de "experts" e os modelos dos estudantes (Simonson et al., 1997, p. 98).

Ainda sobre sistemas tutoriais, os referidos autores concluem explicando que um sistema inteligente contém "regras de produção", e, em conseqüência, pode produzir estratégias por si mesmo. Nesses sistemas, o modelo do estudante contém conhecimentos dos erros dos estudantes e à medida que o modelo do estudante for sendo criado e todos os erros identificados, o módulo de ensino pode diagnosticar erros dos estudantes, guiá-los, ou ainda fornecer um tipo de experiência de "descoberta guiada" para os estudantes.

Nesse sentido, Simonson et al. recorrem a Dede (1986) quando este declara que

> "Programas computacionais incorporando Inteligência Artificial (IA) deveriam "entender" o que, quem e como eles seriam ensinados e poderiam, além disso moldar o conteúdo e o método para as necessidades de um aprendiz individual, sem se limitar a um repertório de respostas pré-especificadas (como são as tradicionais instruções programadas)". (Dede[6], citado por Simonson et al., 1997, p.98) (tradução da pesquisadora).

Simonson et al. (1997) esclarecem ainda que, embora a produção de sistemas tutoriais tipo ICAI seja geralmente difícil, dispendiosa e demorada, esses sistemas estão envolvendo os educadores em algumas áreas fundamentais de investigação educacional. Identificar erros dos estudantes e "conceitos formados erradamente" ("misconceptions") e ainda descobrir regras e estratégias para responderem à esses "conceitos formados erradamente", deve adicionar conhecimento sobre o processo ensino/aprendizagem e deve ajudar a educação, com ou sem computadores (p.98).

Um terceiro aspecto importante explicitado pelo referido autor, sobre sistemas tutoriais de ensino consiste no fato de que tais sistemas são eficientes à medida que podem ser usados para recuperar os estudantes que apresentam algumas dificuldades de aprendizagem, ou mesmo, por alguma razão, aqueles que perderam algumas aulas na escola.

2.1.3) Simulação (Computer Simulation)

Conforme Simonson et al. (1997), simulação consiste em uma operação sobre uma representação ou um modelo de um evento, de um fenômeno, ou de um objeto.

---

[5] ICAI – Inteligent computer-aided instruction: têrmo utilizado para descrever programas de softwares que incorporam inteligência artificial (Simonson et al., 1997).

[6] Dede, C. (1986) *Empowering environments, hypermedia and microworlds*. The Computing Teacher, 14(3), 329-353.

Encontram-se na literatura sobre o assunto, várias definições que abordam simulação. Segundo Borges (1997), a grande parte das definições de simulação tenta descrever as operações que podem ser realizadas e os objetivos possíveis de serem alcançados, utilizando-se a simulação sobre um determinado sistema ou entidade (p.27). Nesse sentido, cita a definição de Shubik, que descreve a simulação de um sistema como sendo a operação de um modelo que representa esse sistema. Assim sendo, conforme suas palavras,

> "O modelo é passível de manipulações que seriam difíceis de levar a cabo na entidade que ele representa, quer pelo preço, quer pela impraticabilidade, ou impossibilidade de fazê-las. As propriedades concernentes ao comportamento de um sistema ou sub-sistema podem ser inferidas estudando-se a operação do modelo." (Shubik[7], citado por Borges, 1997, p.27).

No âmbito educacional, as simulações têm sido bastante difundidas, Borges (1997) trata desse aspecto, referindo-se a vários autores, como De Jong (1991), Pagano (1992) e Hebensbreit (1991) que abordam sobre os benefícios de se utilizar simulação, no contexto educacional. Esses benefícios podem obter um nova dimensão se ao usuário desses ambientes, for dada a possibilidade de criação de modelos que ele próprio deseja simular (Borges, 1997, p.27). Esse mesmo autor, esclarece ainda que

> "Uma das técnicas que permite a criação de modelos é a modelagem computacional, que é a atividade de usar o computador para expressar o modelo, com o objetivo subsequente de explorar possíveis conseqüências do modelo e reavaliar, a partir de um feedback, não apenas o modelo construído, mas o próprio conhecimento sobre o sistema ou fenômeno alvo." (Baranauskas & Oliveira[8], citados por Borges, 1997, p.27).

Nessa mesma perspectiva, Borges (1997) refere-se a sistemas computacionais para modelagem e simulação, explicitando que estes sistemas podem constituir ambientes de aprendizagem poderosos, pois envolvem o usuário no ciclo básico da expressão, de avaliação e de reflexão sobre o domínio considerado. A exigência do computador pela expressão formal de um modelo leva o usuário a definir mais precisamente seu conhecimento sobre o assunto. Um outro aspecto importante trata da execução do modelo através do computador, tal fato, possibilita ao usuário uma avaliação que o motiva a levantar questionamentos sobre o modelo, a reestruturar suas estratégias, a reavaliar seus conhecimentos e expressá-los em um ciclo de ações, baseado na abordagem construcionista de aprendizagem (Papert[9], citado por Borges, 1997, p.28).

Ainda nessa mesma perspectiva, simulações podem ser ferramentas poderosas para os educadores. Simonson et al. (1997) declaram que a principal vantagem de usar simulação consiste no fato de que os estudantes podem manipular vários aspectos do modelo. Os estudantes tornam-se parte ativa do ambiente educacional e interagem com os resultados nas decisões que eles tomam nesses ambientes (p.99).

Maddux et al. (1996), ao discorrerem sobre simulação, esclarecem que, apesar das simulações computacionais serem relativamente recentes e as aplicações educacionais mais recentes ainda, o método possui uma longa história. As aplicações instrucionais de

---

[7] Shubik, M. (1960) *Simulation of the industry and the firm*. American Economic Review, L, n.5, 908-919.

[8] Baranauskas M. C., Oliveira, O. L. (1994) *Estratégias para design de ambientes computacionais para modelagem.* III SBIE Simpósio Brasileiro de Informática na Educação; Pág.25-37, Porto Alegre-RS.

[9] Papert, S. (1980) *Mindstorms – Children, Computers and Powerful Ideas*. New York: Basic Books.

simulações já eram usadas no Século 17, quando jogos de guerra eram utilizados para simular batalhas entre forças contrárias. Como exemplo, citam o jogo de xadrez ("chess"), que se trata de uma extensão abstrata de um jogo de guerra que possui mais de uma centena de anos.

Em meados dos anos 50, simulações foram introduzidas em programas de treinamento de negócios, como por exemplo, Top Management Association, uma simulação computadorizada publicada por American Management Association, em 1956. Atualmente, muitas simulações orientadas para negócios são utilizadas, e muitas escolas de administração incluem experiências de simulação em seus programas de graduação e de pós-graduação.

Esses mesmos autores citados acima, esclarecem que, nos anos 70, duas simulações populares em operar negócios, Sell Bicycles e Sell Lemonade, foram desenvolvidas e distribuídas para as escolas primárias e secundárias dos USA por Minnesota Educacional Computing Corporating (MECC), e eram executados em computadores do tipo Apple II. Tais simulações foram criadas para ensinar conceitos de oferta e de demanda.

Ainda que as mais sofisticadas simulações tenham sido desenvolvidas para serem utilizadas pelas Forças Armadas, Maddux et al. (1996) acreditam que simulações representam um dos mais excitantes potenciais em educação. Já há algumas décadas, existem alguns softwares de simulações disponíveis, sendo utilizados como recursos didáticos altamente importantes nas escolas nos USA.

A partir de 1975, simulações educacionais tornaram-se produtos especializados, e são ainda muito utilizadas em escolas americanas. Uma das mais conhecidas simulações educacionais consiste na série *Sim*: *SimCity*, *SimEarth*, *SimLife*, *SimFarm*, entre outras. Ressalta-se que esses ambientes são considerados por alguns autores, como jogos educativos.

Em *SimCity*, o usuário controla e administra o crescimento e o desenvolvimento de uma cidade, coordena várias variáveis que juntas proporcionam um melhor planejamento da cidade. Trata-se de uma simulação computacional projetada para ajudar os estudantes a aprenderem como aplicar e sintetizar informações, tomar decisões sobre temas importantes envolvidos no gerenciamento e desenvolvimento de um ambiente urbano. Apresenta-se, na Figura 2.2 a seguir, a reprodução de uma foto de crianças trabalhando com *SimCity*, em uma escola americana.

Um outro exemplo de simulação consiste em *Santa Fé Trail*, que se relaciona com conhecimentos históricos dos USA, no período de 1820 a 1829.

Nessa mesma abordagem, existem outros ambientes computacionais que estão sendo utilizados nas escolas americanas nos dias atuais. *Oregon Trail*, *Where in the World is Carmen Sandiego?*, *Where in the USA is Carmen Sandiego?*, *Amazon Trail*, *MayaQuest*, entre outros, tratam-se de ambientes de simulação que propiciam ao usuário a utilização de várias estratégias para alcançar o objetivo almejado e resolver o problema investigado.

Apresenta-se na Figura 2.3 a seguir, a reprodução de uma foto de crianças trabalhando com *Amazon Trail*, na Inez Elementary School, em Albuquerque, nos Estados Unidos.

Um outro ambiente computacional muito utilizado nas escolas americanas é o *Oregon Trail*. Na Figura 2.4 a seguir, apresenta-se uma tela que ilustra o ambiente computacional *Oregon Trail*.



Figura 2.2 – Crianças trabalhando com *SimCity*, La Mesa Elementary School



Figura 2.3 – Crianças trabalhando com *Amazon Trail*, Inez Elementary School



Figura 2.4 – *Oregon Trail*

Ainda nessa mesma perspectiva, em uma entrevista realizada com alguns professores de escolas americanas de Albuquerque, New Mexico, USA, abordou-se e discutiu-se sobre simulação, como um ambiente poderoso no desenvolvimento de habilidades e estratégias de resolução de problemas nos alunos. Nesse sentido, uma das professoras entrevistada, ressaltou que *Oregon Trail* é um software bem popular nos Estados Unidos, porém quando foi introduzido, causou alguns tipos de críticas, pois este ambiente computacional mostra pessoas brancas viajando do leste para o oeste americano, pessoas estas que atiravam nos índios, matando-os. Este fato, na atual sociedade americana, não é aceito, uma vez que os índios existentes nas diversas regiões dos Estados Unidos, ainda que considerados uma minoria, estão integrados na sociedade atual.

Where in the World is Carmen Sandiego?, *Where in the USA is Carmen Sandiego?* e *Carmen Sandiego Math Detective*, são três ambientes de simulação muito utilizados nas escolas americanas. Esses programas permitem aos estudantes trabalharem com conhecimentos de Geografia, Estudos Sociais, Matemática e além disso, permite o desenvolvimento de estratégias de resolução de problemas. Apresenta-se abaixo uma das telas de *Where in the World is Carmen Sandiego?*. No Capítulo 3, desta pesquisa, apresenta-se uma das telas de *Carmen Sandiego Math Detective*, com o objetivo de ilustrar as potencialidades deste ambiente na exploração de estratégias de resolução de problemas.



Figura 2.5 – Exemplo de software de simulação

Nessa mesma perspectiva, Simonson et al. (1997) ao abordarem as potencialidades de ambientes de simulação, ressaltam que

> "Muitos educadores pensam que uma simulação bem projetada como as da série Carmen Sandiego e SimCity podem oferecer oportunidades para os estudantes aplicarem conhecimento na sala de aula nas mais complexas e realísticas situações e então expandir e enriquecer os tipos de experiências de aprendizagem." (p.101, tradução da pesquisadora).

Nessa mesma abordagem, em uma entrevista realizada em Albuquerque, Novo México, USA, uma das professoras, entrevistada pela pesquisadora, mencionou que *Where in the World is Carmen Sandiego?* consiste em um ambiente de simulação muito utilizado pelos professores das escolas americanas, porém, existem muitos artigos escritos contra este

ambiente computacional, por pessoas que não gostam desse software, pois argumentam que contém, em sua concepção, aspectos racista, pois Carmen Sandiego é uma mulher hispânica, é uma ladra, e também ressalta um estereótipo que tende a ser sexista, isto é, mostra as mulheres em roupas reveladoras, sapatos de salto alto, entre outros aspectos. Além disso, neste software, cada país é representado por um quadro, uma tela, mostrando aspectos que não refletem as características próprias dos países, mas uma imagem que faz ressaltar as diferenças culturais e sociais entre países do primeiro e do terceiro mundo, não mostrando os verdadeiros traços e características culturais de cada país. Conforme as concepções da referida professora, este ambiente traduz um tipo de cultura em que somente os "idealizadores" deste software acreditam, questiona-se, se estariam eles tentando vender uma imagem do mundo? A referida professora, acredita ainda que tal ambiente parece ser muito etnocêntrico, muito "bitolado", sem nenhuma percepção de como é o resto do mundo.

Um ambiente computacional utilizado pelos professores, no desenvolvimento de conceitos relacionados a Estudos Sociais é o *MayaQuest*. Trata-se de um ambiente baseado na expedição *MayaQuest*, a qual foi planejada e organizada por Dan e Steve Buettner.



Figura 2.6 – Telas do software *MayaQuest*

A jornada foi recriada através de fotos, video clips, efeitos sonoros e música. Fotos interativas e interpretações tridimensionais permitem a exploração da América Central, como se o usuário estivesse lá presente.

Alguns benefícios educacionais podem ser observados, tais como, a aprendizagem da história dos Maias e a exploração de conhecimentos de Geografia e de cultura geral. Possibilita ainda o desenvolvimento de tomada de decisões, e de habilidades analíticas. Propicia ao usuário habilidades relacionadas à leitura e compreensão em Inglês e Espanhol, entre outros aspectos. Na Figura 2.6 acima, estão apresentadas telas do ambiente computacional *MayaQuest*.

2.1.4) Softwares de Resolução de Problemas (Problem Solving Softwares)

Uma outra categoria explicitada por Simonson et al. (1996), sobre as diversas maneiras de se utilizar computadores na sala de aula consiste em softwares de "Resolução de Problemas".

Resolução de Problema, tal como simulação, utiliza o computador para desenvolver no usuário estratégias mentais complexas de resolução de problemas. Nesses ambientes, os estudantes são colocados em situações nas quais eles podem manipular variáveis e obterem o retorno dessa interação. Usualmente, os programas de Resolução de Problemas envolvem uma variedade de situações-problema a serem desenvolvidas e incluem experiências relacionadas com discriminação visual e espacial. Em geral, o uso de programas desse tipo ajuda a desenvolver habilidades, nos estudantes, de analisar o processo de resolução de problema; dividir o problema em pequenas partes; identificar informações necessárias e desnecessárias, e ainda procurar uma seqüência lógica; alcançar a resposta e expressar essa resposta no computador.

Nessa mesma categoria, Maddux et al. (1996) citam que existem dois tipos de softwares que podem ser classificados nessa categoria. O primeiro é baseado na suposição de que existem habilidades de resolução de problemas universais ou genéricas que podem ser aprendidas em um domínio e então transferidas para outro domínio. Como exemplo de software de Resolução de Problemas, os autores referem-se ao software produzido por Sunburst Communications, denominado *O Laboratório Incrível*. Esse software fornece uma lista de substâncias químicas imaginárias que o usuário pode escolher para colocar em um "becker". A mistura dessas substâncias no "becker" produzirá um monstro. Cada substância química produz uma característica específica no referido monstro. Esse programa requer do usuário a experimentação de processos de tentativas e erro, e de processos de eliminação para deduzir os efeitos de cada substância química, bem como os efeitos de suas combinações. Esses processos utilizam estratégias genéricas de resolução de problemas e podem ser transferidas para outras situações. (Maddux et al., 1996, p.30).

Outro tipo de software**,** nessa categoria, trata-se daquele projetado como um instrumento de resolução de problemas, da mesma forma que uma calculadora é um instrumento para resolver problemas de Cálculo. Esse tipo de software é projetado para desenvolver no usuário habilidades ou conceitos específicos necessários para resolver problemas em um domínio particular. Como exemplo desse ambiente, os autores referem-se ao *Geometric Supposer* desenvolvido por Judah Schwartz e Michael Yeruhalmy. Esse software trabalha com funções matemáticas e fornece elementos aos usuários para representarem essas funções como uma expressão, um gráfico, ou uma tabela de valores. Esse

ambiente permite também adicionar, subtrair, multiplicar e dividir funções. O objetivo dessa ferramenta computacional consiste em encorajar os estudantes a descobrirem generalizações sobre funções. Ressaltam-se que informações mais completas a respeito desse ambiente computacional, serão apresentadas no Capítulo 3, desta pesquisa, o qual aborda alguns ambientes computacionais que podem ser utilizados no processo ensino/aprendizagem da Geometria.

Um outro software utilizado para o ensino de Geometria é o *Geometer's Sketchpad*. Trata-se de uma ferramenta que explora triângulos, quadriláteros, círculo, outras figuras geométricas e suas características. O estudante, utilizando esse programa, pode explorar Geometria Analítica da mesma maneira dinâmica que explora outras abordagens da Geometria. Pode ainda fazer cálculos baseados nos parâmetros de equações e colocar qualquer cálculo ou equação em um sistema de coordenadas. Convém lembrar que, informações mais completas a respeito desse ambiente computacional, serão apresentadas no Capítulo 3, desta pesquisa, o qual aborda alguns ambientes computacionais que podem ser utilizados no processo ensino/aprendizagem da Geometria.

Ainda para o ensino de Geometria, um outro software, muito utilizado nos Estados Unidos, na França e recentemente, no Brasil, consiste no *Cabri Géomètre*.

Cabri Géomètre foi desenvolvido por Ives Baulac, Jean-Marie Laborde e Franck Bellemain, no Institut d'Informatique et Mathématiques Appliquées de Grenoble (IMAG), um Laboratório de pesquisa da Université Joseph Fourier em Grenoble, França. Informações mais completas a respeito desse ambiente computacional, serão apresentadas no Capítulo 3, desta pesquisa, o qual aborda alguns ambientes computacionais que podem ser utilizados no processo ensino/aprendizagem da Geometria.

Ainda nessa perspectiva, de acordo com Simonson et al. (1997), educadores têm demonstrado um interesse crescente em utilizar as capacidades do computador que permitem aos estudantes testarem hipóteses em situações de resolução de problemas. Esse tipo de software permite aos estudantes maior liberdade para explorar estratégias que os programas de Exercício e Repetição (Drill and Practice) e os tutoriais. Nos USA, as companhias que produzem softwares lançam seus catálogos com as publicações recentes na área, por exemplo, no catálogo da Sunburst, encontra-se uma série bem diversificada de softwares que podem ser categorizados como softwares de resolução de problemas.

Um outro software que pode ser caracterizado como de Resolução de Problemas, trata-se do *TesselMania* que possibilita ao usuário a criação de tecelagens, explorando conceitos da Geometria das Transformações no plano, rotação, reflexão e translação. O usuário pode escolher um dos vários padrões existentes nesse ambiente e poderá compô-los de várias formas diferentes, criando seus próprios desenhos. A nova versão de CD-ROM combina divertimento e arte com o mundo fascinante da Geometria das Transformações, propiciando ao usuário um ambiente de exploração de conceitos geométricos abstratos, de uma maneira divertida e prazerosa. Ressalta-se que informações mais completas a respeito desse ambiente computacional, serão apresentadas no Capítulo 3, desta pesquisa, o qual aborda alguns ambientes computacionais que podem ser utilizados no processo ensino/aprendizagem da Geometria.

Ainda nessa mesma perspectiva, Ortega (1995) realizou um projeto de pesquisa utilizando softwares de Resolução de Problemas, que estão disponíveis para os professores e

os estudantes do Laboratório de Computação, associado à Faculdade de Educação da Universidade do Novo México (UNM). Esses softwares servem a diferentes propósitos para os estudantes, são repletos de divertimentos, propiciam novas maneiras de o usuário elaborar estratégias, enfim, novas maneiras de se processar o conhecimento.

O referido autor, para realizar o seu projeto de pesquisa, selecionou alguns softwares e começou a interagir com eles. Gastou aproximadamente, três horas, com cada um, interagindo e lendo as respectivas instruções. Examinou os objetivos e os níveis de habilidades de cada ambiente, criou um banco de dados com o objetivo de formalizar as informações que resgatava de sua interação e experiência com os softwares. Alguns desses dados serão apresentados abaixo, com o objetivo de elucidar ao leitor os objetivos educacionais inerentes a alguns dos sofwares.

Assim sendo, o software *Botanical Gardens* (6ª série até adulto), publicado por Sunburst Communications, projetado por Robert Kimball e David Danaghue, que é executado em Macintosh, relaciona-se a áreas de Ciências e Matemática. Trata-se do crescimento de plantas em um jardim, e foi projetado para auxiliar a percepção e a compreensão do valor de controle de variáveis experimentais. Auxilia os estudantes na aprendizagem de como focalizar e analisar uma determinada situação-problema, trabalhar com gráficos, selecionar os dados disponíveis, relacionar números e médias, e ainda tomar decisões na elaborações de estratégias e soluções possíveis para a resolução da situação-problema. Desenvolve as habilidades de controle de variáveis e interpretação de dados.

Um outro software mencionado no projeto de pesquisa, acima referido, trata-se do *Cave Quest: An Adventure with Words and Numbers* (2ª a 8ª série do ensino fundamental), software publicado por Sunburst Communications, projetado por Gail Marshal, também executado em Macintosh. Esse software aborda conhecimentos relacionados à Matemática e Inglês. Enriquece as habilidades de pensar logicamente sobre números e relações entre palavras. Auxilia na aplicação de habilidades de pensamento lógico a palavras e números e enriquece o vocabulário do usuário.

Ainda nesse projeto, um outro software pesquisado pelo autor, trata-se do *Puzzle Tanks***:** *A Game of Numbers and Logic* (3ª a 8ª série do ensino fundamental), software publicado por Sunburst Communications, projetado por Thomas C. O'Brien, executado em Macintosh e PC – IBM. Esse software trabalha e desenvolve habilidades matemáticas nas quatro operações: adição, subtração, multiplicação e divisão. Auxilia o usuário no desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas e do pensamento crítico. Envolve o usuário em um ambiente no qual ele deve inventar idéias e testá-las. Aborda ainda medidas e transformações de unidades, entre outros aspectos relacionados às quatro operações.

Um outro ambiente computacional abordado na referida pesquisa, trata-se do *The Enchanted Forest: A Game About Logic* (4ª série até adulto), software publicado por Sunburst Communications, e projetado por Jerry Cwirko, executado em Macintosh e PC – IBM. Esse software relaciona-se ao desenvolvimento de habilidades do pensamento lógico e coleta de informações nas áreas de Matemática, leitura e escrita. Utiliza confecções, leituras e interpretações de mapas.

Enfatizam-se que, nessa mesma abordagem, existem descrições de outros softwares que podem ser utilizados pelos professores no desenvolvimento de temas relacionados à diversas áreas do conhecimento. Para um maior aprofundamento consultar Ortega (1995).

2.1.5) Software de Ferramenta (Tool Software)

Essa categoria envolve softwares computacionais utilizados como ferramenta para enriquecer o processo ensino/aprendizagem.

Exemplos desses softwares utilizados nas escolas americanas podem ser citados, tais como, processadores de texto, banco de dados, planilha de cálculo, hipermídia, programas gráficos, pacotes de análise estatística. Esses programas são referidos como ferramentas porque assim como o lápis, o papel e outros recursos utilizados nas escolas, eles ajudam os estudantes e os professores a cumprirem suas tarefas, cujos conteúdos não são especificados. Podem ser utilizados em sala de aula em diferentes áreas do conhecimento.

Simonson et al. (1997) explicitam que o conceito de softwares instrumentais não é novo para professores e estudantes. Depois da revolução industrial, ferramentas sofisticadas têm sido usadas para enriquecer o poder humano. Nessa mesma perspectiva, citam Bork (1985) que diz, "Assim como nós podemos falar de instrumentos mecânicos para ampliar a força física humana, nós também podemos falar de instrumentos intelectuais para ampliar o intelecto humano. Esses instrumentos ampliam o poder de nossas mentes." (Bork[10], citado por Simonson et al. 1997, p.104).

Convém observar que, em muitas escolas americanas, os professores utilizam esses programas no desenvolvimento de seus conteúdos programáticos. *Kid Pix* é uma ferramenta computacional que propicia a criança combinar gráficos, desenhar suas próprias figuras e assim sendo, criar seus próprios projetos. Com o objetivo de elucidar o leitor, apresenta-se uma tela com o programa *Kid Pix*, com o projeto de uma criança, pertencente a uma escola americana.

Ressalta-se que *Kid Pix Studio*, a versão mais atual do *Kid Pix*, foi lançada nos Estados Unidos, em março de 1998, e, no Brasil, encontra-se disponível desde abril de 1998. Trata-se de uma ferramenta gráfica poderosa tanto para crianças, quanto para professores, desenvolve a criatividades e várias habilidades gráficas. Nesse programa aplicativo multimídia, estão incluídos seis programas: desenho e transformação de figuras estáticas, desenhos de figuras em movimento, criação de cenas a partir de objetos em movimento, transformação de vídeo (AVI), criação de "slides" animados, e criação de movimentos em figuras estáticas. (Jornal Fronteiras da Educação, Ano 2, Nº 2, Setembro/Outubro de 1998).

Ainda nessa mesma categoria, Software de Ferramenta (Tool software), apresenta-se um outro recurso importante e necessário que pode ser utilizado pelos professores, no desenvolvimento de suas aulas. Trata-se do *Spreadsheet*[11], versão do *Microsoft Works 4.0*.

---

[10] Bork, D. (1985) *Personal computers for education*. New York: Harper & Row.

[11] Uma tradução possível para o termo *spreadsheet* seria planilha de cálculo.



Figura 2.6 – Crianças trabalhando com o *Kid Pix*, La Mesa Elementary School

2.1.6) Spreadsheets?[12]

2.1.6.1) O que são Spreadsheets?

Spreadsheets ou Planilhas de Cálculo são sistemas computadorizados que arquivam ou guardam números. Elas foram originalmente projetadas para substituir sistemas de contabilidade manual (paper based accounting). Essencialmente, *spreadsheet* é uma grade (ou tabela ou matriz) de células vazias, com colunas identificadas por letras, e linhas identificadas por números, como mostrado na Figura 2.7. Cada célula pode conter valores, fórmulas ou funções, e os valores devem ser numéricos (números) ou textuais (palavras). O usuário move em torno da matriz, identificando o número da célula para onde deseja ir, ou buscando a célula que contém uma espécie particular de informação. Uma palavra, um valor numérico, uma fórmula, ou uma função podem ser inserida em cada célula.

Estão indicados na Figura 2.7, a seguir, alguns dos recursos do módulo *Spreadsheet* do *Works 4.0*, bem como detalhes de uma planilha.

Como recursos, o *Spreadsheet* possui três funções básicas: guardar, calcular e apresentar informações. As informações (numéricas) podem ser guardadas em um lugar específico (célula), a partir da qual essa informação pode ser acessada ou recuperada. *Spreadsheets* suportam funções de cálculo, nas quais os conteúdos de qualquer combinação de células podem ser matematicamente relacionados de acordo com a vontade do usuário. Apresentam ainda informações em uma variedade de maneiras, mostrando seu conteúdo em uma grade ou matriz bidimensional. Possibilitam também ao usuário apresentar suas informações ou dados numéricos graficamente, através de “charts” ou gráficos.

[12] A definição acima, assim como as idéias e concepções a seguir estão baseadas em Jonassen (1996).

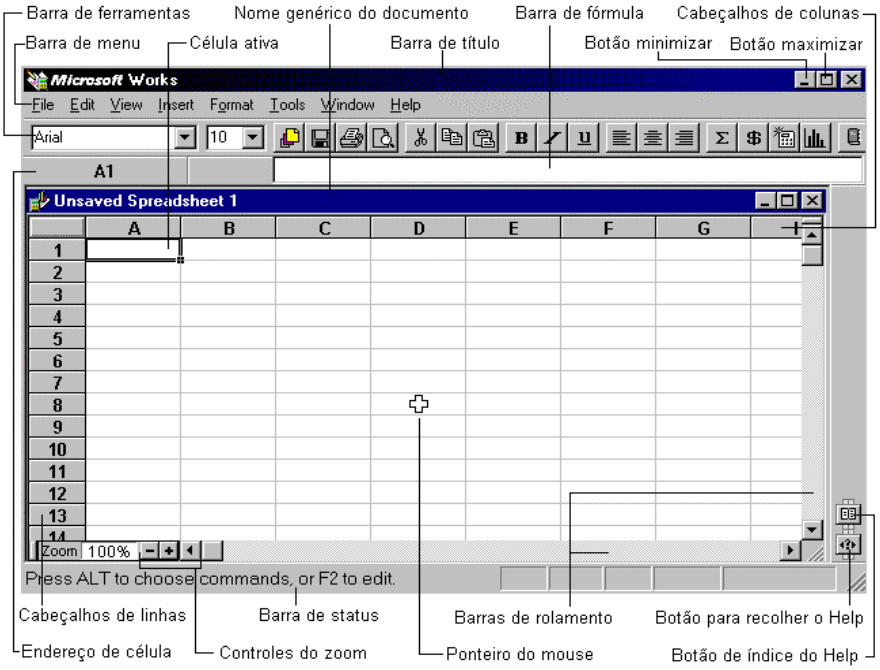


Figura 2.7 – Detalhes da tela do *Spreadsheet* com uma planilha em branco

2.1.6.2) Exemplos da Utilização de *Spreadsheets*

Jonassen (1996) cita que, embora spreadsheet tenha sido utilizado em escolas de forma predominante como ferramentas de gerenciamento para contabilidade, em alguns casos, evidencia-se seu uso como "mindtools"[13]. A seguir, são mencionados alguns exemplos citados pelo autor, de como *spreadsheet* tem sido usado em contextos de resolução de problemas (p.73-74):

- Implementando planos de resolução de problemas baseados em Polya com problemas aritméticos (Sgroi, 1992);

- Calculando e graficando funções de Mecânica Quântica tais como órbitas atômicas para simular níveis de energia rotacional e vibracional de componentes atômicos em uma aula de físico-química (Kari, 1990);

- Resolvendo problemas contextuais ("word problems") de Matemática elementar (Verderber, 1990);

- Ajudando crianças a entenderem o significado de números grandes (um milhão), comparando quantidades com coisas do dia-a-dia (Parker & Widmer, 1991);

- Ajudando a resolver inúmeros problemas de Ciência, incluindo problemas envolvendo um plano inclinado e convertendo proteínas em energia (Goodfellow, 1990).

[13] Segundo o referido autor, "mindtools" são aplicações computacionais que propiciam aos alunos pensarem e refletirem de maneira significativa quando utilizam essas aplicações computacionais, no processo de representação de seus conhecimentos (p.3).

2.1.6.3) Avaliação de *Spreadsheets* como Mindtools

Jonassen (1996) faz uma avaliação de *spreadsheet* como ferramenta cognitiva que desenvolve o raciocínio do usuário e, nesse sentido, apresenta alguns aspectos importantes que ressaltam a importância desse ambiente computacional, tais como:

- **Computer-based** – Embora *spreadsheets* tenham a aparência de uma folha de um livro de contabilidade, eles são ferramentas baseadas no computador, que exploram ou aproveitam o poder computacional (de cálculo) do computador;

- **Prontamente disponível, aplicações gerais –** Aplicações de *spreadsheets* são atualmente parte de pacotes de software integrados, em conseqüência disso, provavelmente muitos dos computadores em uso nas escolas já possuam um programa de *spreadsheet* instalado;

- **Custos –** Programas de ***spreadsheet*** de domínio público estão disponíveis a partir de uma variedade de fontes, e ainda, os comerciais podem ser adquiridos por preços razoáveis;

- **Representação do conhecimento –** O conhecimento representado em um spreadsheet é quantitativo e abstrato. Em representações matemáticas, *spreadsheet* converte quantidades em representações gráficas. *Spreadsheet* propicia ao usuário habilidades de utilizar variáveis, entre outros aspectos;

- **Aplicável à diferentes domínios –** Embora *spreadsheets* possam ser usados para resolver problemas de conteúdos em qualquer domínio, eles são mais apropriados a situações-problema quantitativas;

- **Pensamento crítico –** No processo de construção e exploração de *spreadsheets*, existem habilidades de pensamentos criativos envolvidos. Projetar *spreadsheets* depende de habilidades de elaboração, sintetização e imaginação, tais como, modificar, expandir, planejar, prever e visualizar. Construir *spreadsheet* requer do usuário a visualização das relações quantitativas entre os dados;

- **Facilita a transferência de aprendizagem –** Aprender como representar relações quantitativas entre entidades, através da construção de *spreadsheets* tem um poder significativo de transferência de aprendizagem;

- **Simples, formalismo poderoso –** O formalismo do *spreadsheet* é exclusivamente quantitativo (representações numéricas e gráficas), então as relações no problema que o usuário irá investigar devem ser quantitativas para que o *spreadsheet* seja efetivo;

- **(Razoavelmente) fácil de aprender –** *Spreadsheets* são provavelmente um dos mais difíceis "mindtools" que existem para o usuário dominar, não especificamente pela dificuldade inerente à ferramenta, mas principalmente por causa da ansiedade que muitos estudantes sentem sobre Matemática.

Como já delineado acima, spreadsheet pode ser utilizado em sala de aula com objetivos educacionais. Maddux et al. (1997) citam um artigo de Wilson, em que esses

autores, mostram o entusiasmo de alguns educadores que apreciam o poder do *spreadsheet* como uma ferramenta educacional. Assim sendo, de acordo com Wilson,

> "Spreadsheet pode ser uma valiosa ferramenta em Ciência, Matemática e Estudos Sociais, por desenvolver e reforçar habilidades em processos de resolução de problemas, habilidades em generalizar, prever, tomar decisão e fazer hipóteses. Estudantes podem adquirir prática em construir fórmulas matemáticas, que podem ser usadas para encontrar totais, subtotais, diferenças porcentagens, etc (…) eles podem prever o que aconteceria se qualquer dado de entrada fosse mudado. Decidir qual dado de entrada muda e como mudá-lo propicia prática de tomada de decisão." (Wilson,[14], citado por Maddux et al., 1997, p.190) (tradução da pesquisadora).

Maddux et al. (1997) citam um exemplo de como *spreadsheet* pode ser usado em Estudos Sociais. Para tanto, recorrem a Pogge & Lunetta (1987), quando estes idealizaram um *spreadsheet* "template" (padrão, gabarito) que planejaria crescimento populacional. As fórmulas no *spreadsheet* basearam-se em uma equação exponencial de população (exponential population equation).

Nessa abordagem, estudantes podem usar o *spreadsheet* para investigar uma variedade de questões de temas sociais. Uma situação poderia ser a seguinte: Quando a cidade X poderia alcançar um estoque crítico de água? Nesse caso, os estudantes poderiam fazer pesquisa bibliográfica para obter os dados para o *spreadsheet* "template", ou ainda providenciar dados inventados para uma situação simulada. Uma vez que estatísticas fossem colocadas, o crescimento populacional poderia ser projetado e correlacionado com o fornecedor de água disponível, e uma reportagem poderia ser escrita, sugerindo o ano em que as fontes de água disponível não seriam adequadas para solucionar as necessidades da cidade.

Programas de *spreadsheet* estão disponíveis para todo tipo de computador em uso. Muitos programas são de domínio público e, portanto, são baratos. Para Macintoshs e para PCs (Personal Computers), spreadsheets fazem parte de muitos pacotes de softwares integrados, como *ClarisWorks* ou *Microsoft Works*. Usuários que buscam um spreadsheet mais poderoso encontram no *Excel* um padrão industrial. Um número grande de programas spreadsheet shareware[15] estão disponíveis através de "bulletin boards" e grupos de usuários de computadores. Esses *spreadsheets* não são tão poderosos, mas são baratos e são adequados o suficiente para serem utilizados como "mindtools".

Para computadores com o ambiente operacional DOS, *Lotus 1-2-3*, *Symphony*, *Quattro Pro*, *SuperCalc*, *Excel* (que também pode ser executado em Windows) e uma série de outros programas estão disponíveis, além de programas shareware.

Selecionar um programa de *spreadsheet* pode ser um processo complicado, mas o mais importante é o custo. Não é necessário investir muito dinheiro para se obter um programa com a funcionalidade necessária para a utilização em sala de aula. Quando o objetivo consiste em utilizar um programa que possa integrar-se com outros aplicativos, como processador de texto e banco de dados, pacotes de software integrados, como o *Microsoft Works* ou o *ClarisWorks* (também disponível para ambiente Windows) devem ser considerados.

---

14 Wilson, J. (1985) *VisiCalc in the elementary school*. The Computing Teacher, 12(9) 29-30.

15 Shareware: são programas disponíveis na Internet para uso geral, sem custo. Seu criador pode solicitar aos usuários o pagamento de uma taxa nominal.

Na perspectiva de refletir sobre a utilização de ambientes computacionais, como o spreadsheet, na sala de aula, recorre-se, mais uma vez, a Simonson et al. (1997), quando descrevem algumas vantagens de se utilizarem esses programas na sala de aula, pois, entre outros aspectos, software instrumental envolve os estudantes ativamente no processo de realização de suas tarefas, ensina os estudantes como manejar informações, e além disso, o custo desses programas em relação às suas diversas possibilidades de aplicação em sala de aula, é insignificante.

Nesse contexto, os referidos autores enfatizam que a sociedade aos poucos se torna cada vez mais informatizada, portanto, a escola, os professores e os estudantes devem acompanhar esse avanço tecnológico, e nesse sentido, utilizando esses programas computacionais, os estudantes aprendem a manejar informações necessárias e úteis para seu desenvolvimento e para a sua inserção na sociedade.

Uma outra vantagem que esses mesmos autores descrevem consiste no fato de que os estudantes, sendo expostos a esses programas computacionais desde pequenos, começam a se familiarizar com ambientes que no futuro farão parte de sua vida tanto acadêmica quanto profissional.

A utilização desses programas computacionais propiciam o envolvimento ativo dos estudantes na realização de tarefas diversas. Processadores de textos, planilha eletrônica, banco de dados, entre outras ferramentas, possuem a vantagem de poderem ser utilizados para abordar temas de pesquisa de várias áreas do conhecimento, tais como, Matemática, Ciências, Geografia e História.

Os professores utilizando esses programas em suas aulas, ajudam os estudantes a manipular e acessar informações de diferentes maneiras, além disso, podem desenvolver seus próprios objetivos, não ficando restritos a aspectos específicos que, muitas vezes, não possuem relação direta com os tópicos que estão sendo desenvolvidos em sala de aula.

2.1.7) Programação (Programming)

Existe uma enorme controvérsia entre os educadores americanos sobre programação de computadores nas escolas elementares e secundárias. Muitos acreditam e argumentam que as crianças desde cedo, devem aprender a programar os computadores, pois, dessa forma, adquirem um entendimento das capacidades e limitações dos computadores. Nesse sentido, Simonson et al. (1997), buscam as palavras de Luehrmann (1984) quando este esclarece que,

> "Para dizer a um computador o que você quer que ele faça, você deve ser capaz de se comunicar com ele. Para fazer isso, você necessitará aprender uma linguagem de programação para escrever suas idéias então você pode revê-las, mostrá-las a outros e melhorá-las. (…) Se você pode dizer ao computador como fazer as coisas que você quer, você é "literate computer"[16]. Se você não pode, você terá que depender de outros para comunicar suas necessidades para a máquina." (Luehrmann[17], citado por Simonson et al., 1997, p.106) (tradução da pesquisadora).

Analisando a citação acima, infere-se que o aluno que sabe programação, sabe se comunicar com o computador, expor suas idéias, em outras palavras, exerce controle e poder

[16] O termo "literate computer" traduzido para a Língua Portuguêsa significa uma pessoa alfabetizada em computação.

[17] Luehrmann, A. (1984) *The best way to teach computer literacy*. Eletronic Learning, 3 (3), 37-42, 44.

sobre a máquina. Nesse sentido, Simonson et al. explicitam que, educadores que incentivam o ensino de programação nas escolas sugerem que o estudante que sabe programar, pode controlar o computador, enquanto que aqueles que não sabem, podem ser controlados pela máquina (Simonson et al., 1997, p.106).

Um argumento ainda mais forte sobre o ensino de programação nas escolas constitui-se no fato de que, aprendendo a programar o computador, o aluno se envolve em um processo de resolução de problemas, cria estratégias próprias, e pode transpor esses conhecimentos para outras áreas do conhecimento. Simonson et al. (1997) esclarecem que jovens programadores podem ser vistos como aqueles que ensinam o computador a pensar, e nesse processo, eles adquirem "insights" importantes através de seus próprios pensamentos. Nessa mesma perspectiva, os referidos autores, buscam, em outros teóricos, argumentos que reforçam e enfatizam o ensino de programação nas escolas. Dessa maneira, citam Luehrmann (1984) e Papert (1980), afirmando que ambos enfatizam que programação pode ser usada como uma ferramenta, assim como, processadores de textos ou planilha de cálculo (spreadsheet), por exemplo.

A linguagem computacional Logo, segundo esses autores citados, deveria ser ensinada nas escolas elementares e secundárias pois, desse modo, estudantes programariam o computador para resolver e representar problemas em diversas áreas do conhecimento. Ressalta-se que sobre esse aspecto será dado um tratamento específico no Capítulo 4 desta pesquisa, no qual será abordada a linguagem computacional Logo e suas aplicações teórico-metodológicas no processo ensino/aprendizagem.

Nessa mesma perspectiva, quanto aos efeitos dos computadores sobre as crianças, Papert (1980), explicita que

> "As questões centrais em aberto a respeito do efeito dos computadores sobre as crianças nos anos oitenta são: que pessoas serão atraídas para o mundo dos computadores, que talento elas trarão e que gostos e ideologias imporão à crescente cultura dos computadores? (…) crianças trabalhando com Logo engajam-se em discussões auto-referenciais sobre seu próprio pensamento. Isso é possível porque a linguagem Logo e a tartaruga foram criadas por pessoas que têm prazer nesse tipo de discussão e se empenharam muito para criar um meio que as encorajassem. Os criadores de outros sistemas de computação têm interesses e idéias diferentes sobre que tipo de atividades são mais adequadas para as crianças." (p.47, tradução da pesquisdadora).

Ainda nessa mesma abordagem, pesquisas americanas sobre o ensino de programação mostram que, cada vez menos, ensina-se programação nas escolas elementares e secundárias. Simonson et al. (1997) comentam que programação era ensinada no início da introdução de computadores nas escolas elementares e secundárias americanas. Nesse contexto, citam a pesquisa realizada por Becker (1986), na qual, programação era ensinada em 76% das escolas, no colegial e 47% das escolas, das escolas elementares, no sistema educacional americano. As pesquisas iniciais da Universidade John Hopkins (no início dos ano 80), mostraram que 98% dessas escolas ensinaram programação, utilizando a linguagem computacional Basic e 5% dessas escolas usaram Logo, Pascal e Fortran (a porcentagem é maior que 100%, pois algumas escolas utilizaram mais de uma linguagem).

Sobre esse aspecto, ainda neste capítulo, duas professoras entrevistadas pela pesquisadora teceram considerações a respeito do ensino de programação nas escolas.

2.1.8) Sistemas Integrados de Aprendizagem (Integrated Learning System – ILSs)

Um Sistema Integrado de Aprendizagem inclui pré-teste para diagnosticar o nível do aprendiz, a realização de uma tarefa apropriada, um pós-teste, e se necessário, uma atividade de reforço. O estudante nesses programas trabalha conforme seu próprio ritmo. Esses programas possibilitam um sistema de gerenciamento que descreve resultados tanto individual, como de toda classe.

Simonson et al. (1997) postulam que nos dias atuais, esses sistemas são criticados pelos educadores, no sentido de que muitos desses programas envolvem apenas a colocação do currículo das escolas no computador. Embora essa abordagem pareça popular, não é apropriada para o uso de novas tecnologias na escola. Sobre esse aspecto, em uma das entrevistas realizadas com os professores da UNM, foram ressaltados esses sistemas.

Em 1989, a escola de uma das professoras entrevistadas adotou um Sistema Integrado de Aprendizagem (Integrated Learning System), publicado por uma grande editora educacional, Jostin's Corporation, do Arizona, para as áreas mais importantes do currículo de linguagem, leitura e matemática.

Um aspecto importante, comentado por uma das professoras entrevistadas, trata-se do fato de que na sua escola, a maioria das crianças não era falante nativo de Inglês ou eram falantes limitados – eram filhos de trabalhadores rurais. Conseqüentemente, elas tinham notas baixas nos testes padronizados, porque estavam aprendendo a ler em uma língua que elas não dominavam bem. Uma das vantagens do Sistema Integrado de Aprendizagem era que ele ajudou a melhorar os resultados nos testes padrões de leitura, pois eles ensinavam da mesma maneira que os testes testavam habilidades de leitura. Ressalta-se que as entrevistas mencionadas, serão apresentadas neste capítulo.

2.1.9) Instrução Gerenciada por Computador (Computer-maneged Instruction – CMI)

Instrução Gerenciada por Computador refere-se ao uso que o professor faz do computador ao manejar instruções na sala de aula. O computador é usado para gravar e calcular notas; registrar a lista de chamada; acompanhar o percurso do progresso do aluno, em diferentes áreas; diagnosticar e prescreve; escrever cartas para os pais, e, em geral, fazer o trabalho na classe de forma normal e eficiente. CMI poupa o tempo do professor e aumenta a eficiência de seu trabalho na classe. Um desses programas, o *Gradebook*, foi escrito por Mike Mitchell, um pesquisador do Texas. Uma outra empresa que produz esses programas é a Minnesota Educational Computing Corporation (MECC). É bom lembrar que muitos autores sugerem que a melhor maneira de melhorar o uso de computadores nas escolas é providenciar aos professores computadores na escola e em casa (Simonson et al., 1997, p.108).

2.1.10) Comentários Conclusivos sobre Ambientes Computacionais utilizados no Ensino

Como se pode notar, existem várias maneiras de se utilizar a tecnologia, mais especificamente, o computador na sala de aula. Algumas questões que emergem nas mentes de educadores preocupados em adequar os métodos de trabalho e teorias de ensino aos avanços tecnológicos expressam-se por: Como escolher um ambiente computacional, uma categoria de software para se utilizar na sala de aula? Quais os fatores que devem ser levados em conta?

Refletindo sobre esses questionamentos tão complexos e importantes e, tomando como fundamentação teórica as abordagens de diversos pesquisadores, citados neste capítulo, esclarece-se que a escolha de um software ou de um ambiente computacional[18] merece reflexões e estudos a esse respeito. Na concepção da autora desta pesquisa, tal escolha deve estar vinculada a uma filosofia educacional em que se acredita e se postula, a uma metodologia educacional e ainda aos objetivos que se quer alcançar no desenvolvimento de assuntos relacionados a diferentes áreas do conhecimento.

Nessa perspectiva, buscam-se na literatura aspectos relacionados à escolha de ambientes computacionais que podem ser utilizados no ensino. Assim sendo, recorre-se novamente a Papert (1985), quando este explicita as tendências sobre os estilos computacionais que poderão ser utilizados nas escolas. Conforme suas palavras,

> "As questões centrais em aberto a respeito do efeito dos computadores sobre as crianças nos anos oitenta são: que pessoas serão atraídas para o mundo dos computadores, que talento elas trarão e que gostos e ideologias imporão à crescente cultura dos computadores? (…) crianças trabalhando com Logo engajam-se em discussões auto-referenciais sobre os seus próprios pensamentos. Isso é possível porque a linguagem Logo e a tartaruga foram criadas por pessoas que têm prazer nesse tipo de discussão e se empenharam muito para criar um meio que as encorajassem. Os criadores de outros sistemas de computação têm interesses e idéias diferentes sobre que tipo de atividades são mais adequadas para as crianças. (…) As tendências quanto ao estilo computacional emergirão de uma complexa teia de decisões tomadas por fundações de pesquisa com recursos suficientes para apoiar um ou outro estilo, por empresas preocupadas com seu mercado, por escolas, pelos indivíduos que decidirão fazer carreira num novo campo de atividade e pelas crianças que participarão dessas decisões através de sua preferência e do que elas farão com isso. As pessoas freqüentemente perguntam se as crianças do futuro programarão os computadores ou se estarão absorvidas em atividades pré-programadas. A resposta é que algumas farão uma coisa, algumas a outra, algumas farão ambas, e algumas não farão nenhuma delas. Mas a decisão a respeito de quais crianças e, principalmente, que classe social de crianças fará parte de qual categoria, será influenciada pelo tipo de atividades e pelos tipos de ambientes criados ao redor delas." (p.47, grifo da pesquisadora).

Das palavras acima, infere-se que os tipos de ambientes criados e a natureza das atividades que serão oferecidas às crianças constituem-se em fatores fundamentais na escolha de um ambiente computacional. Dessa forma, os educadores devem sempre refletir e pensar nos objetivos que desejam alcançar explorando um ambiente ou outro, no tratamento de vários conceitos relacionados a domínios específicos do conhecimento.

Nesse sentido, um dos aspectos que deve ser considerado relaciona-se às diversas abordagens distintas sobre a utilização de computadores na sala de aula. Nesse contexto, recorre-se a uma delas, qual seja: o computador e as novas tecnologias serão usados para promover o conhecimento, ou para melhorar e agilizar o processo ensino/aprendizagem?

Nessa perspectiva, Simonson et al. (1997) esclarecem que, embora drill and practice e programas tutoriais forneçam algumas capacidades únicas para educadores, os dois tipos são freqüentemente classificados como aplicações que usam o computador para fazer o que já tem sido feito sem ele. Ainda sobre esse aspecto, os referidos autores recorrem a Maddux et al. (1996), quando esses sugerem que, muito do trabalho computacional nas escolas pode ser caracterizado com uso da tecnologia Tipo I, ou seja, "Usar a tecnologia para fazer de maneira diferente e fraca o que já tem sido feito na sala de aula" (Simonson et al., 1997).

---

[18] Nesta pesquisa ambiente computacional pressupõe a utilização de recursos computacionais, como, softwares, câmara digital, scanner, entre outros, embasados por uma filosofia educacional.

Analisando os vários aspectos relacionados aos ambientes computacionais mais utilizados no ensino, infere-se que os ambientes de simulação são bem aceitos e utilizados pelos professores no desenvolvimento de suas aulas. Uma reflexão sobre esse tipo de ambiente computacional consiste no fato de se pensar em como seria o desempenho dos estudantes diante de simulações. Nessa perspectiva, Maddux et al. (1996), explicitam que: "…como os outros métodos construtivistas, simulações colocam os estudantes em um papel ativo em um ambiente que possui um conjunto de regras. O ambiente pode ser real ou fictício." (p.219) (tradução da pesquisadora).

Ambientes de simulação são ativos e, estudantes, nesses ambientes, envolvem-se em simular fenômenos reais e imaginários. Eles podem processar entradas, variáveis, planejar ações, analisar problemas, tomar decisões, monitorar os progressos e coordenar seus esforços para alcançarem os objetivos delineados. Maddux et al. (1996) postulam que os "elementos participatórios", no processo de resolução e interação dos estudantes nos ambientes de simulação, têm sido liderados por proponentes de diferentes perspectivas teóricas, tais como, John Dewey, Jean Piaget, Jerome Bruner, e Lev Vygotsky. Segundo as palavras de Maddux et al., esses teóricos, em suas teorias, concordam que "envolvimento no processo de aprendizagem é crucial para o sucesso" (p. 220).

Quanto ao aspecto envolvimento do usuário, como um dos componentes fundamentais no processo da construção do conhecimento, faz-se necessário ressaltar que, quando se utiliza a linguagem computacional Logo, o usuário insere-se em um ambiente de aprendizagem, no qual seu envolvimento e interação são traduzidos no processo de resolução de problemas, no micromundo da tartaruga. Nesse ambiente, o usuário não obtém respostas certas ou erradas, pois nada é rígido e pré-determinado, mas programa o computador, cria suas próprias estratégias, avalia e redefine suas estratégias sempre que necessário, reflete sobre os seus objetivos e metas, e ainda, reformula seu problema, adequando e reestruturando seus conhecimentos às particularidades do contexto Logo.

Trata-se portanto, de um ambiente extremamente rico e poderoso de que os professores podem lançar mão para desenvolverem assuntos e temas relacionados às diferentes áreas do conhecimento. Convém ressaltar que considerações teórico-metodológicas sobre o Logo, serão apresentadas no Capítulo 4, desta pesquisa, e também no decorrer do Estudo de Caso. Ao longo desta pesquisa, pretende-se enfatizar as possibilidades didático-cognitivas desse ambiente na construção de conceitos geométricos.

Assim sendo, como já mencionado acima, a escolha de um ambiente computacional relaciona-se com diversos aspectos tanto teóricos, como metodológicos, porém um dos aspectos fundamentais, consiste na mediação do professor. O ambiente, por mais rico e construtivo que seja, por si só, não é suficiente para promover contextos propícios para a construção do conhecimento. Nesse sentido, a mediação do professor desempenha um papel determinante, na medida em que o professor cria as situações desafiantes; recorta esta situação em vários problemas intermediários que possibilitam aos alunos deslocarem-se muitas vezes do problema principal, olhando-o e percebendo-o, sob uma outra perspectiva, possibilitando-lhe a busca de novos caminhos, e a reavaliação constante de suas estratégias e objetivos, enfim, envolvendo-se, cada vez mais, no processo de construção do conhecimento.

Em um segundo momento deste capítulo, como mencionado anteriormente, abordam-se aspectos teórico-metodológicos sobre a Internet, como um dos possíveis ambientes de

aprendizagem. Ressalta-se ainda que no decorrer deste capítulo, alguns exemplos sobre a utilização da Internet na sala de aula serão abordados.

2.2) Aspectos Teórico-Metodológicos sobre a Educação na Internet

Convém observar que, nesse momento, o termo Educação na Internet está sendo assumido como sendo a Internet utilizada para a Educação, ou seja, a Internet utilizada para fins educacionais. É importante, não confundir com educação na Internet ("netiquette" em inglês) que versa sobre regras de comportamento na Internet. Sobre essa abordagem ver, por exemplo, Harris (1996), Embratel (1998), Hambridge (1995).

2.2.1) O Que é a Internet

Em cada geração novas tecnologias surgiram e fizeram com que o mundo parecesse diferente. O telefone, o automóvel, o avião, o rádio e a televisão, a comunicação via satélite, cada uma dessas invenções, a seu modo, contribuiu para colocar os homens mais próximos de um mundo globalizado. A essa lista de revolucionárias tecnologias, pode-se, agora adicionar mais uma, a Internet.

Ouve-se e lê-se sobre a Internet todos os dias. Desde notícias sobre ela, a anúncios e propagandas com endereços nos quais informações e detalhes são oferecidos sobre produtos e serviços comercializados. Na mídia televisiva, o público espectador é convidado a interagir com os produtores de programas via Internet. Mas, afinal, o que é a Internet? Seu conceito parece ser tão nebuloso que a mídia popular não tenta explicar em que ela consiste. Somente noticiam o que está se passando com a Internet. Ressalta-se que o que a Internet é, como ela movimenta e trabalha informações entre usuários, permanece ainda misterioso, para muitos. Nesse contexto, não se pretende, nesta pesquisa, descrever detalhes técnicos sobre a Internet, mas sim refletir e tentar responder às indagações acima mencionadas.

Internet, ou Rede, como é às vezes chamada, é um vasto e surpreendente sistema de redes de computadores voluntariamente interconectados ao redor do mundo, através de linhas telefônicas, de elos de transmissão de dados a altas velocidades, e de satélites. Apresenta uma variedade de métodos para comunicação e aproxima milhões de pessoas privadas a pessoas da esfera governamental, do mundo acadêmico e de negócios, permitindo que elas se comuniquem entre si e dividam informações. Permite ainda a comunicação de computadores através de uma linguagem comum ou protocolo[19].

Sem dúvida alguma, do ponto de vista de fonte de informações, a Internet contém a maior e a mais abrangente coleção de dados sobre conhecimento humano e experiências que se possui, compreendendo a coleção de inúmeras bibliotecas e uma miríade de outras fontes de informações, transformando-se em uma oportunidade mais abrangente para um avanço na educação, desde quando a imprensa escrita começou a colocar livros nas mãos de milhões de pessoas. A Internet consiste em uma ferramenta de comunicação e de aprendizagem tão poderosa que não se pode ignorá-la. Apresenta ainda a vantagem de não ser propriedade exclusiva de ninguém, sendo possível ser utilizada por todos.

---

[19] Na Internet todos os computadores devem executar o conjunto de protocolos TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol).

Enfatiza-se que restrições de tempo e de espaço não são relevantes na Rede, ou seja, o Japão está tão próximo quanto nosso vizinho do lado. Correio eletrônico ("e-mail") chega em minutos e enormes arquivos podem ser copiados em segundos. Ressalta-se que esta oportunidade apenas começou a ser explorada pelos educadores. Existem na Internet recursos para Educação a nível de 1º e de 2º graus, para graduação, para pós-graduação, para Educação à distância, e para os auto-didatas, enfim é um potencial poderoso para ser utilizado com fins educacionais, por todos aqueles que objetivam aprender e desenvolver-se.

Os educadores mais experientes, muito provavelmente, já conviveram, ao longo de seus anos de ensino, com formas e métodos revolucionários de educação, através dos quais não obtiveram o sucesso desejado. A utilização difundida da Internet, entretanto, está crescendo exponencialmente e, nesse processo, ela promete transformar, de modo intenso, a forma como se comunica, como se aprende, e como se faz negócios, ou seja, a forma com que se interage com o mundo.

A Internet consiste em um novo meio de comunicação que requer novas estratégias e novos conhecimentos, e observa-se que, no âmbito educacional, está ocorrendo um significativo crescimento em sua utilização. Todavia, a utilização da Internet tem se tornado um desafio para os educadores. Apresentam-se abaixo, alguns dos mitos mais comuns, encontrados, na literatura, sobre o assunto.

- Alguns professores pensam ser muito difícil aprender a utilizar a Internet, o que não é verdade. Crianças e adultos de todos os lugares do mundo estão utilizando-a, sem dificuldades. Acredita-se que seja só uma questão de romper a barreira inicial, e inserir-se nesse mundo maravilhoso de novidades e descobertas. Muito tem sido publicado sobre esse assunto. Para um maior aprofundamento, sugerem-se as seguintes obras: Krol et al. (1995), Streedwick et al. (1995), Rowland et al. (1995), Williams (1996), Ryder et al. (1996).

- Alguns professores pensam que o acesso à Internet está reservado à comunidade acadêmica e governamental, o que não procede. Atualmente, existem vários provedores operando comercialmente, os quais oferecem acesso à Internet a um custo mensal definido. Para tanto, necessita-se de um microcomputador com "modem"[20] instalado, um software de comunicação, e acesso a uma linha telefônica.

Ressalta-se ainda que a maior parte das informações e dos recursos disponíveis na Rede são grátis. As informações têm sido oferecidas voluntariamente por centenas de milhares de indivíduos e instituições dentro de uma filosofia de colaboração mútua.

As redes que compõem a Internet podem ter suas administrações, com presidentes e conselhos executivos, mas a Internet mesmo não possui estrutura semelhante. A autoridade máxima, em termos de padronização e disseminação de técnicas e tecnologias que permitem a comunicação entre tão distintos sistemas de informação, está sendo exercida pela Internet Society – ISOC (http://www.isoc.org). Trata-se de uma organização com afiliação voluntária, cuja finalidade é a de promover a troca de informação global através da tecnologia da Internet. A sociedade publica boletins informativos, organiza conferências, e gerencia listas

[20] Modem é um dispositivo que conecta um computador com uma rede, usualmente através de linhas telefônicas; é um dispositivo que converte sinais digitais em sinais analógicos e vice-versa (Porter, 1997. p.253).

de distribuição de mensagens eletrônicas, visando a educação global a respeito da Internet (Krol et al., 1995, p.16).

2.2.2) O Surgimento da Internet, a Situação Presente e as Tendências Futuras

Na década de 60, cientistas, nos Estados Unidos, iniciaram experimentos com conexões de computadores entre si, e entre instituições, via telefone, financiados pelo Departamento de Defesa, dando origem à ARPAnet (Advanced Research Projects Agency Network).

Na década de 70, a ARPAnet dividiu-se em redes militares e civis, com pesquisas e definições de protocolos e padrões que tornaram possível a comunicação entre diferentes tipos de redes de computadores. A partir desse momento, vários países passaram a utilizar esses padrões e aderiram à Internet.

Na década de 80, houve um crescimento exponencial. Muito desse crescimento ocorreu na área da Educação, com milhares de escolas e universidades ao redor do mundo aderindo à Rede. No final da década, entretanto, em diferentes partes do mundo, organizações comerciais e grandes corporações começaram a ligar suas próprias redes internas à Internet.

A partir de 1990, o acesso ao correio eletrônico e outros sistemas de mensagens, fora do meio universitário e militar, espalhou-se pelo mundo. Convém ressaltar que das tecnologias de comunicações, a Internet é aquela que mais tem crescido a nível mundial. De acordo com Virginia Space Grant Consortium (1997), no outono de 1995 havia 55 milhões de usuários na Rede, esse número, vinha dobrando a cada ano, nos últimos seis anos. No Texas, USA, em um período de dezoito meses, inscreveram-se dezenove mil professores e administradores, em uma rede educacional. A Rede Pública Educacional da Virgínia, USA, conectava, na época, dezoito mil professores, administradores e salas de aulas de escolas de pré-primário a colegial (K to 12[21]), formando uma comunidade de informação globalizada.

Através da Internet Society foram obtidas as informações apresentadas a seguir, as quais confirmam o crescimento exponencial da Internet nos últimos anos.

- Em julho de 1991 havia oitenta países interligados na Internet. Seis anos depois, em julho de 1997, esse número mais que dobrou, passando para cerca de cento e oitenta países. Essa última situação está ilustrada na Figura 2.8, a seguir.

- Em julho de 1996 havia 134.365 redes interligadas. A Figura 2.9 ilustra a evolução no número de redes interligadas, no período julho/1989 a julho/1997.

- Em julho de 1997 havia 1.301.000 domínios[22] na Internet. A evolução deste número, no período julho/1989 a junho de 1997, está ilustrada na Figura 2.10.

---

[21] K – significa Kindergarden, ou seja, Jardim da Infância e 12 – significa a última série do Colegial do ensino americano.

[22] O sistema de identificar computadores por nomes é chamado Domain Name System – DNS. Trata-se de um banco de dados distribuído contendo nomes e endereços de computadores conectados à Internet. É um sistema hierárquico de atribuição de nomes, que pode ser considerado um organograma de âmbito mundial. Na raiz (topo) deste organograma, estão as especificações mais importantes que identificam os países, como br (Brasil), fr (França), ch (Suíça), entre outros. Os Estados Unidos, além de ter o sufixo "us", têm como raiz de seus

- Em julho de 1998 havia 36.739.000 computadores ligados permanentemente à Internet (“hosts”). A Figura 2.11 ilustra a evolução deste número, no período outubro/1990 a abril/1998.

- Em abril de 1998 havia 2.215.195 servidores[23] WWW na Internet, sendo que esse número vem crescendo rapidamente nos últimos cinco anos, como ilustrado na Figura 2.12.

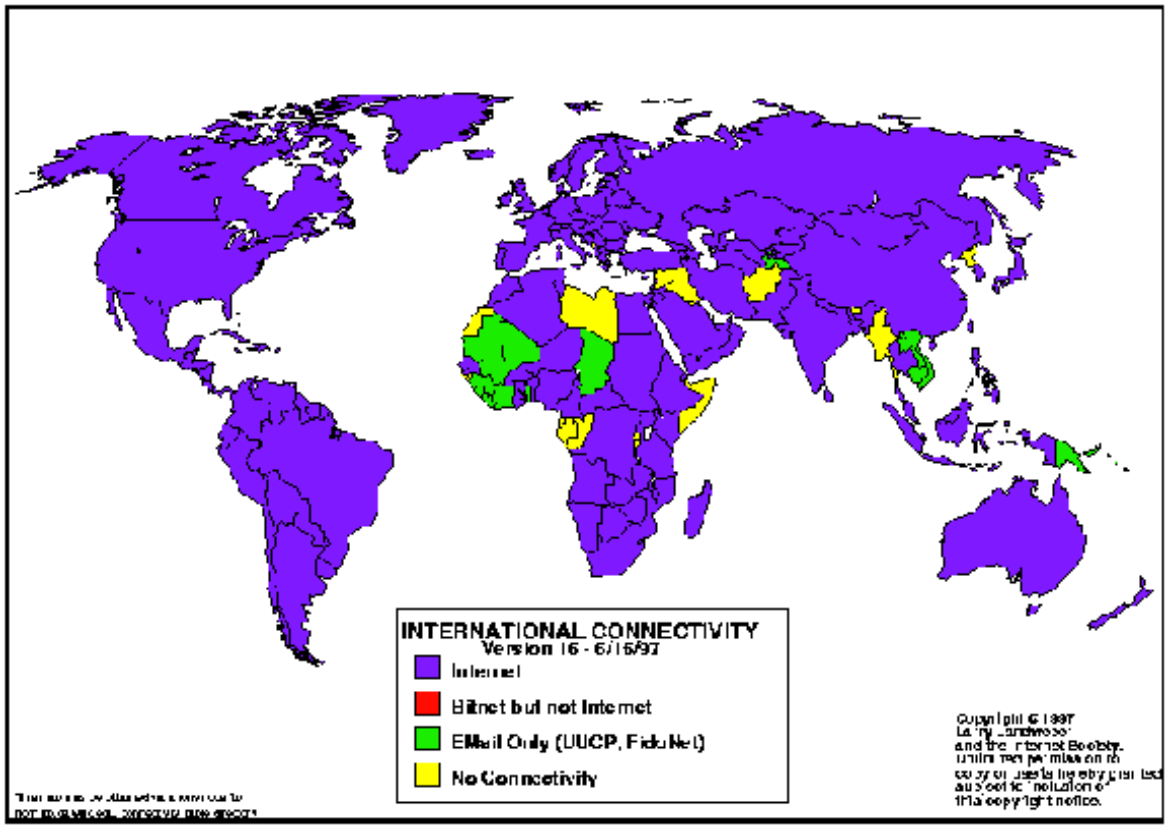


Figura 2.8 – Conectividade internacional na Internet
Fonte: ftp://ftp.cs.wisc.edu/connectivity

domínios as seguintes especificações principais: edu (educacional), com (comercial), gov (governo), mil (militar), org (organizações) e net (redes). Dentre os domínios de primeiro nível, no Brasil, os mais ligados ao ensino são: br (entidades de ensino superior e g12.br (entidades de ensino de primeiro e segundo grau).

[23] Servidor é um computador que fornece serviço para outros computadores em uma rede.

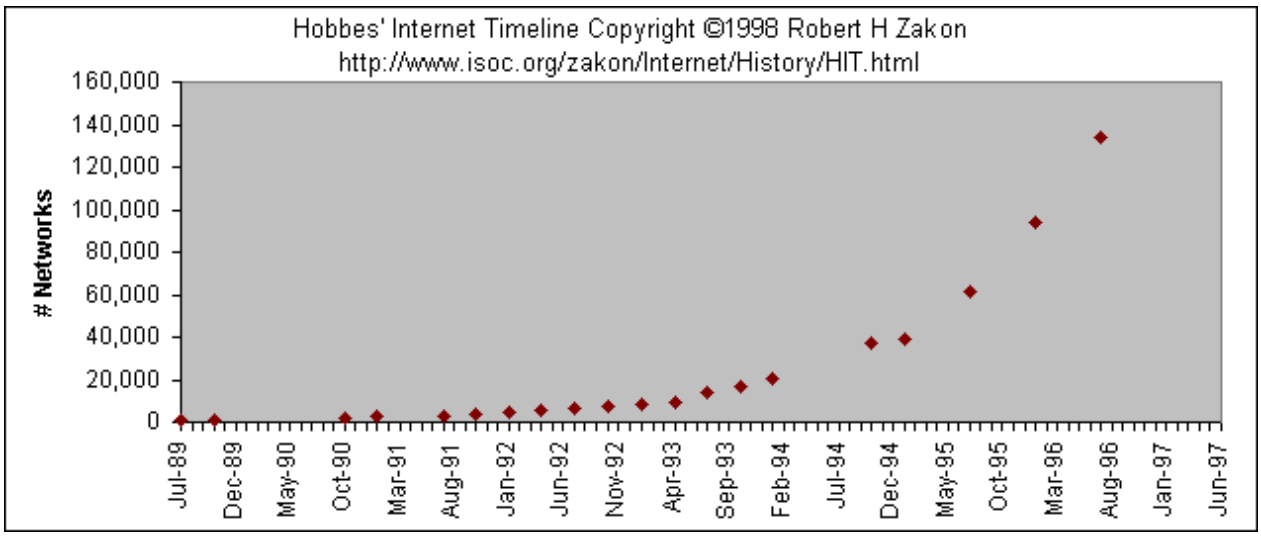


Figura 2.9 – Evolução no número de redes na Internet interligadas
no período julho/89 a julho/96
Fonte – Zakon (1998)

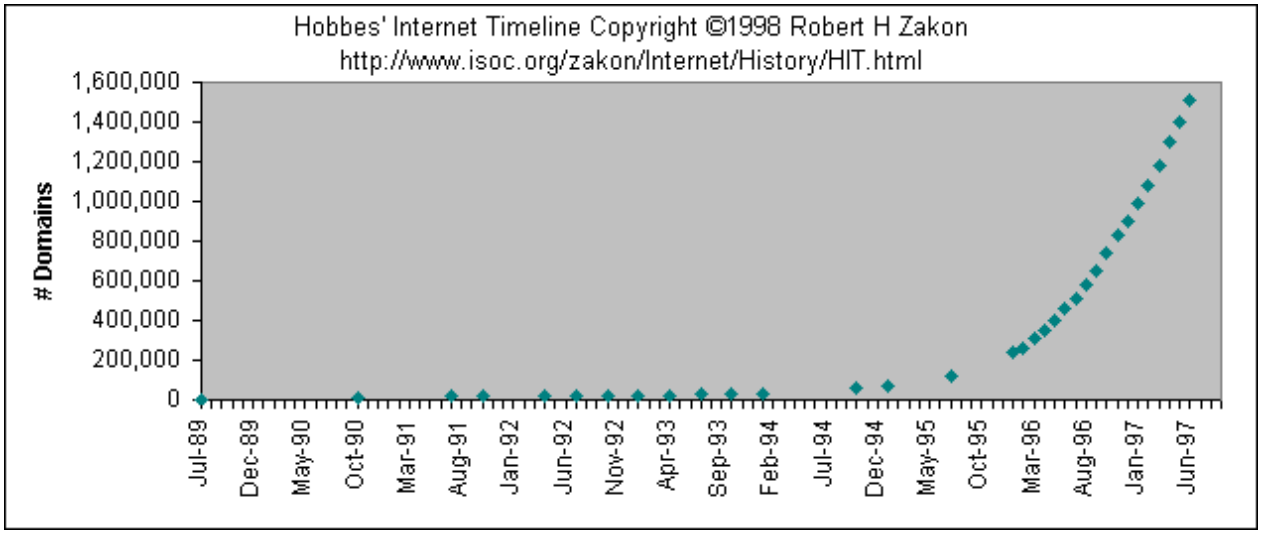
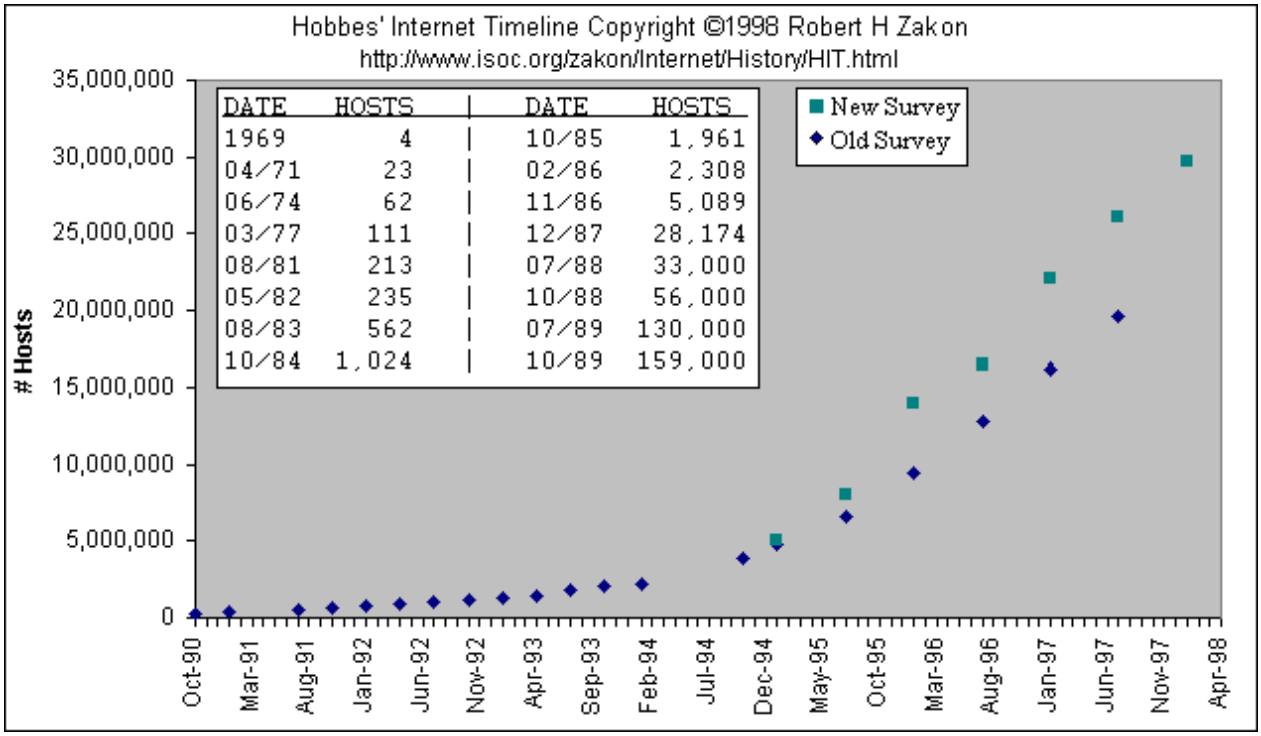


Figura 2.10 – Evolução no número de domínios na Internet
no período julho/89 a junho/97
Fonte – Zakon (1998)



DATE	HOSTS	DATE	HOSTS
1969	4	10/85	1,961
04/71	23	02/86	2,308
06/74	62	11/86	5,089
03/77	111	12/87	28,174
08/81	213	07/88	33,000
05/82	235	10/88	56,000
08/83	562	07/89	130,000
10/84	1,024	10/89	159,000

Figura 2.11 – Crescimento no número de computadores na Internet
no período outubro/90 a março/98
Fonte – Zakon (1998)

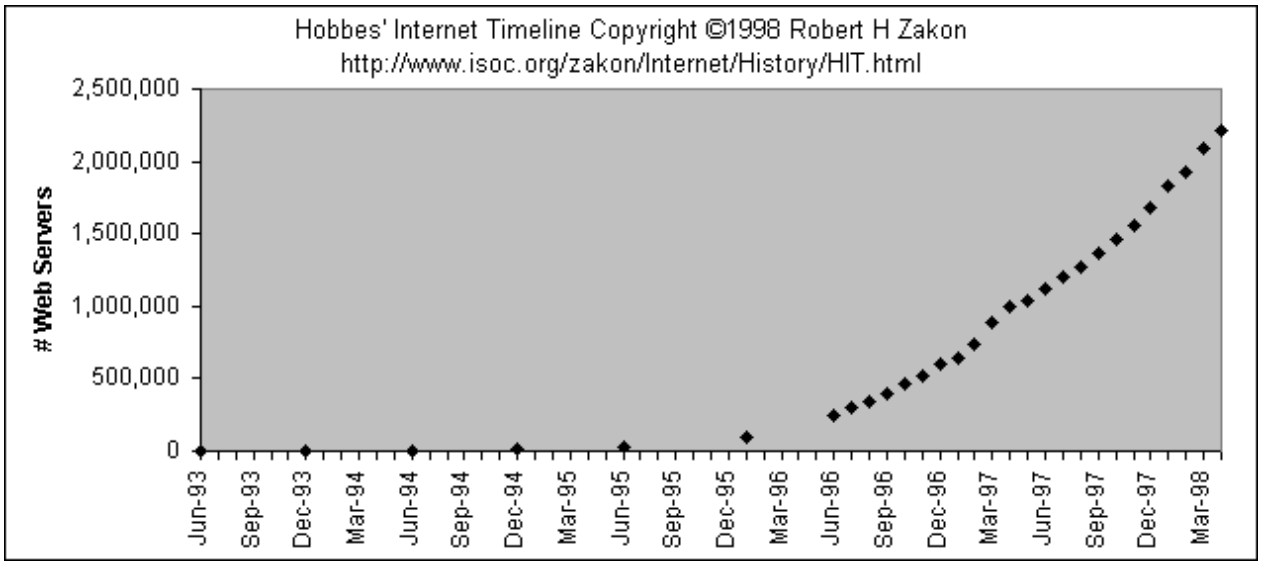


Figura 2.12 – Evolução no número de servidores WWW na Internet
no período junho/93 a abril/98
Fonte – Zakon (1998)

Estimava-se que no início de 1996, mais de 300 Gigabits[24] de informações, o equivalente a meio milhão de livros com 250 páginas, circulava pela Rede diariamente. Atribuía-se, na época, que 33% a 40% do crescimento na utilização da Rede devia-se ao setor comercial, centrado em uma parte da Internet conhecida como World Wide Web (WWW), a qual liga entre si diferentes tipos de recursos para buscas e recuperação avançada de informações, e destaca interfaces gráficas com capacidades de multimídia (Harris, 1996).

Do ponto de vista de conteúdo de informações a Internet está se transformando diariamente, isto é, o conhecimento encontrado hoje na Rede, poderá estar reestruturado amanhã. Apesar de existir na Internet um enorme número de informações para serem exploradas, esse número está crescendo em um ritmo fenomenal. Os recursos estão constantemente mudando, sendo reorganizados, atualizados ou substituídos. Por essa razão, ressalta-se que, quando essa parte da pesquisa for lida, alguns recursos e endereços mencionados, poderão não mais existir, outros ainda, poderão ter mudado de "site" ou de endereço. Recomenda-se a utilização de fontes de referência regularmente atualizadas, como aquelas em forma de páginas amarelas (Hahn's, 1999; Pelly, 1999), ou ainda recorrer a fontes oferecidas pela própria Rede, ou seja, as chamadas "máquinas de buscas", que são ferramentas que possibilitam descobrir novos recursos ou ainda, localizar antigos, através de **ferramentas de busca**, tais como: **Alta Vista** – www.altavista.com, **HotBot** – www.hotbot.com, **Lycos** – www.lycos.com, **Search** – www.search.com, **Aonde** – www.aonde.com, **Yahoo** – www.yahoo.com, **Cadê** – www.cade.com.br, **Quem** – www.quem.com.br, **Achei** – www.achei.net, **BookMarks** – www.bookmarks.com.br, **GuiaWeb** – www.guiaweb.com, **Onde ir?** – www.ondeir.com.br, **Busque** – www.busque.com.br, entre outras. Com relação a essas ferramentas de busca, **Alta Vista** conta com um serviço de tradução, inclusive para o português; **HotBo**t pesquisa por idioma; **Aonde**, **Cadê**, **Quem**, **Achei**, **BookMarks**, **GuiaWeb**, **Onde ir?** e **Busque** realizam busca em português. **Quem** busca pessoas na **Internet**.

Prevê-se para os próximos anos que a Internet fará parte de uma matriz tecnológica na qual computadores, telefones, televisão e outros meios de comunicação convergirão, e passaremos a viver, do ponto de vista de comunicação, num mundo significativamente diferente do atual, com ênfase na realidade virtual. Nessa nova organização social terão muito mais oportunidades aqueles que forem familiarizados e educados com a utilização de computadores (Waldman, 1997).

Para mais detalhes e informações a respeito deste tema, sugerem-se as obras publicadas em http://www.isoc.org/internet/history/cert.html.

2.2.3) A Situação da Internet no Brasil

Até o final de 1995, a Internet, no Brasil, se limitava à sua rede acadêmica, a Rede Nacional de Pesquisa – RNP, sendo que no Estado de São Paulo existia, desde 1989, a Academic Network at São Paulo – Rede ANSP. Segundo Lucena (1997), até aquela época havia cerca de 80.000 usuários, e os servidores Web brasileiros, pouco mais de 300, pertenciam às universidades, institutos de pesquisas e governo.

---

[24] Um bit (b) é a menor unidade de informação. Um bit pode ter o valor 1 ou 0. Por exemplo, são necessários oito bits para a representação de um caractere padrão do alfabeto (8 bits = 1 byte). Normalmente são utilizados múltiplos do bit, como Kilobit (Kb) que significa um mil ou 10^3 bits, Megabits (Mb) que significa um milhão ou 10^6 bits, Gigabits (Gb) que significa um trilhão ou 10^9 bits, e Terabits (Tb) que significa um quatrilhão ou 10^{12} bits.

A partir do final de 1995, durante todo o ano de 1996 e até o presente, a Internet no Brasil teve um crescimento extraordinário, muito superior à media mundial.

Segundo o Comitê Gestor Internet do Brasil (http://www.cg.org.br), o número de computadores permanentemente ligados à Internet, em janeiro de 1996 era igual a 17.429, passando para 70.664, em novembro do mesmo ano, com um crescimento de 305%. De setembro de 1996 a setembro de 1997, esse número passou para 118.939, com um crescimento de 62% no período.

Ainda segundo a mesma fonte, o número estimado de usuários que era 170.429, em janeiro de 1996, passou para 1.310.001, em dezembro de 1997, com um crescimento de quase 670%.

Na fonte acima obtém-se a informação de que o número de domínios cresceu 1.000% entre janeiro a novembro de 1996. De novembro de 1996 a setembro de 1997 o número de domínio cresceu outros 231%, totalizando 24.183, dos quais, 93,47% eram domínios *com.br*, ou seja, associados a entidades comerciais.

De acordo com a FAPESP (http://www.fapesp.br), em outubro de 1998 o número de domínios *com.br* totalizava 57.677, representando 91.41% dos 63.117 domínios registrados. Os domínios *.br*, associados a entidades de ensino superior totalizavam 573, representando 0.91%, e o domínio *g12.br*, associado a entidades de ensino de 1º e de 2º grau, totalizava 294, representando 0,47%.

Apesar do número de domínio *.br* ter crescido de 323 para 573, no período outubro de 1997 a outubro de 1998, sua participação percentual no número total de domínios decresceu de 1,30% para 0,91%. Observa-se que, no mesmo período, o domínio *g12.br*, que cresceu em números, passando de 165 para 294, também decresceu em participação percentual, passando de 0,67% para 0,47%. O maior crescimento percentual, nesse período, ocorreu na área governamental (*gov.br*).

Em julho de 1998, o Brasil ocupava a 18ª posição, a nível mundial, de computadores ligados permanentemente na Internet, com o número de 163.890 computadores. Esse número colocava o Brasil na 3ª posição nas Américas, ficando atrás dos Estados Unidos (25.739.702 computadores) e do Canadá (1.027.571 computadores), e na 1ª posição entre os países da América do Sul, seguido pela Argentina com 57.532 computadores.

É importante observar que, com o crescimento da Internet no Brasil, atualmente é possível a um professor de 1º e de 2º grau encontrar na Rede, praticamente todos os aspectos que se relacionam ao interesse escolar brasileiro.

2.2.3.1) A Rede Nacional de Pesquisa – RNP

A Rede Nacional de Pesquisa é um programa prioritário do Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT, apoiado pela Secretaria de Política de Informação e Automação – SEPIN e executado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, com a missão básica e pioneira de disseminar o uso da Internet no Brasil, especialmente para fins educacionais e sociais. (Fonte – www.rnp.br).

Prosseguindo na sua busca de novas fronteiras, a RNP inicia uma nova fase em que dará ênfase à implantação de tecnologias interativas para uso de Internet no Brasil, num âmbito mais voltado às redes acadêmicas da alta velocidade (Internet 2).

Apresenta-se na Figura 2.13 a topologia do "backbone" (rede principal) da RNP com conexões para todos os estados brasileiros.

Objetivando propiciar uma comparação e análise das velocidades de conexão das distintas redes na RNP, apresentam-se a seguir algumas informações.

Os múltiplos do bit são utilizados, em uma transmissão digital de dados, para expressarem a razão (taxa) de transferência dos dados, como em 1 Kbps = 10^3 bits/segundo (ou algumas vezes referido com 1Kb). Relacionado com a velocidade de conexão na Internet, também se encontra o termo Mbps. 1 Mbps = 10^6 bits/segundo (ou algumas referido como 1 Mb).



Figura 2.13 – Topologia da Rede Nacional de Pesquisa
Fonte – www.rnp.br/1.3.bone.html

Deve-se evitar não confundir bit com byte. Um byte (B) equivale a um caractere, ou letra, em uma palavra. Por exemplo, o termo ensino/aprendizagem contém dezenove bytes. Usualmente é mais utilizado seu múltiplo Kilobyte (KB), que equivale, em tamanho arredondado, a 1.000 bytes (Em realidade o tamanho exato do que se chama KB é 1024 bytes, que corresponde a 2^{10} bytes). Outros múltiplos utilizados são: Megabyte (MB) (10^6 bytes, ou em realidade 1.048.576 = 2^{20} bytes) e o Giga byte (GB) (10^9 bytes, ou em realidade 1.073.741.824 = 2^{30} bytes). Os múltiplos do byte são utilizados como unidades de tamanho de

dados armazenados. Por exemplo, uma página de texto com espaçamento duplo possui em torno de 1.000 bytes, ou 1 KB.

2.2.3.2) A Rede ANSP – an Academic Network at São Paulo

Com operação iniciada em 1989, a Rede ANSP constitui-se num dos principais pontos de conexão do Brasil com o Exterior e, internamente, liga as redes acadêmicas universitárias e dos Institutos e Centros de Pesquisa Científica e Tecnológica de São Paulo. A Rede ANSP, mantida e gerenciada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, é via de conexão à Internet de todas as Instituições vinculadas ao Sistema de Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo. (Fonte: http://www.ansp.br). A Rede da UNICAMP está conectada à Rede ANSP.

Apresenta-se, na Figura 2.14, um diagrama da Rede ANSP.

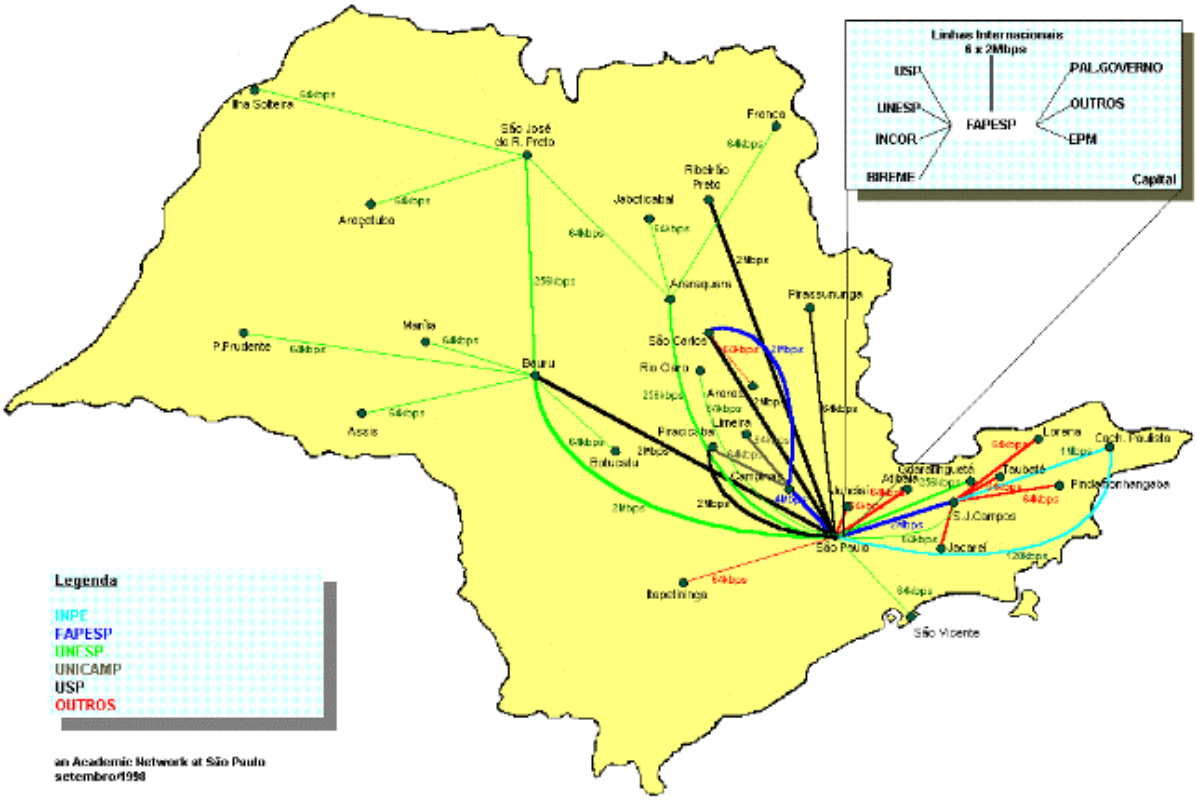


Figura 2.14 – Topologia da Rede ANSP
Fonte – http://www.ansp.br

2.2.3.3) Rede EMBRATEL

Além das redes acadêmicas (a RNP a nível nacional e várias a nível estadual, como a Rede ANSP) existe também a rede comercial (Internet service provider), mantida e explorada comercialmente pela EMBRATEL. Seu "backbone" é constituído por circuitos de alta velocidade, e está interligado à Internet mundial através de rotas para os Estados Unidos e Canadá, na América do Norte, e para Portugal e França, na Europa (www.embratel.net.br/internet/backbone.html).

Os provedores comerciais, aos quais várias instituições de ensino privado estão conectadas, utilizam-se da Rede EMBRATEL.

2.2.4) Sobre a Língua Utilizada

Dada a presença a nível mundial em mais de 180 países, a "língua franca" da Internet é o inglês. Atividades em redes locais, freqüentemente, são na língua nativa da área, mas também é comum em sistemas de abrangência mundial usar-se o inglês nas discussões, para textos armazenados, e atividades em sistemas da navegação, tais como de acesso a bases de dados.

2.2.5) A Internet na Sala de Aula

Quando se reflete sobre a utilização da Internet, na sala de aula, deve-se levar em conta vários aspectos importantes de que os professores podem lançar mão, em suas aulas. Assim sendo, tecem-se considerações sobre esses aspectos.

A Rede é mais corrente e dinâmica que qualquer biblioteca. Por esse motivo, estudantes e professores aprendem que, utilizando a Rede, podem economizar tempo. Um dos pontos fortes da Internet é que qualquer pessoa está capacitada a construir novos conhecimentos, utilizando as boas idéias já existentes na Rede e, desse modo, ter mais tempo para, criativamente, adaptar projetos para atender necessidades especiais, locais e pessoais. A Internet possui recursos em abundância, e fornece métodos para ensinar crianças, muito mais do que somente, simples informações.

Uma questão que vem à mente dos educadores, é traduzida por: Será que a Internet consiste em uma boa maneira de auxiliar as crianças a se prepararem para o futuro?

Nessa perspectiva, convém ressaltar que a Internet está, pouco a pouco, tornando-se parte integral da vida das pessoas, está sendo utilizada na Educação, em negócios, em lazer e, assim sendo, os estudantes necessitarão estar familiarizados com a ela, com o objetivo de tornarem-se cidadãos preparados para enfrentar o mercado de trabalho, cada vez mais informatizado. Segundo Harris (1996), ofertas de empregos têm sido anunciadas na Internet antes de aparecerem na mídia convencional, pois os empregadores desejam encontrar empregados com conhecimentos técnicos não somente em uma determinada área, mas também em Internet.

No âmbito educacional, questiona-se sobre o que há de bom a respeito de Internet e aprendizagem. Nesse sentido, Ellsworth (1994) responde a esta questão, em duas etapas:

> "A primeira resposta é que a Internet é uma poderosa liberadora de emoções, de motivação, e de compromisso para os estudantes. Alguns estudantes navegam intensamente e com muita familiaridade na Rede. Apesar da Rede não poder substituir práticas de Educação Física e/ou aulas de Música, para alguns estudantes a Internet consiste em uma das melhores oportunidades já oferecida para eles. Contatos ao redor do mundo, em lugares distantes, tornam cada projeto elaborado mais dinâmico e interessante. Enfatiza-se ainda que a Internet possui um arsenal mais atualizado de informações disponíveis, assim sendo, tanto professores, quanto alunos podem ser revigorados pela atualização e imediatismo inerentes à Rede. A outra resposta é que "A Rede é o futuro". Provavelmente, ela possui um custo inferior a um programa de esportes em uma escola de segundo grau americana (High School), e a aptidão pela utilização da Internet continuará com os estudantes ao longo de suas vidas, pois essas habilidades são intelectuais, não físicas. Crianças, utilizando a Internet, aprendem a responder melhor a

> questões, a formularem melhores argumentos, e a se apresentarem a si próprias, de uma forma mais positiva, na Rede." (Ellsworth, 1994, p.5) (tradução da pesquisadora).

Na comunicação com "e-mails", as crianças concentram-se para se expressarem de uma forma clara e objetiva, quando trocam mensagens e, nessa situação, aprendem a diferença entre a linguagem comum e a linguagem formal.

Ainda nessa perspectiva, conforme as palavras do autor acima citado,

> "Aprender linguagens computacionais, isto é, aprender a programar computadores é uma enorme oportunidade de aprender Matemática. As operações realizadas pelo computador estão baseada em Matemática, e um verdadeiro entendimento de computador requer algum sofisticado conceito matemático e científico. Crianças que utilizam a Rede tendem a se sobressaírem em áreas como Matemática e Ciências." (p.6, tradução da pesquisadora).

Conforme o autor citado, estudantes trabalhando na Internet, rapidamente aumentam seus interesses quando encontram e recuperam informações remotas e, a partir daí tendem a desenvolver estratégias de busca e recuperação mais sofisticadas. Dessa forma, começam a apreciar a utilização de bibliotecas informatizadas, por suas habilidades de busca e recuperação de informações, e não mais as concebem como uma fonte mágica de livros e informações.

Nessa perspectiva, espera-se dos professores que eles possam orientar seus alunos no tratamento da enorme quantidade de informações disponíveis na Rede, e ainda possam auxiliá-los na recuperação das informações mais úteis a um determinado contexto. Para os alunos, esse processo de busca e de recuperação de informações consiste no início do processo de aprendizagem da análise, da avaliação e da aplicação das informações obtidas. Nesse sentido, a utilização da Internet pelos alunos, desenvolve técnicas e estilos diversos de redações, pensamentos e habilidades de conhecimentos que são aplicáveis em quase todas as áreas do currículo escolar.

2.2.6) A Internet e a Auto-aprendizagem

Como uma biblioteca de alcance mundial, a Rede encoraja estudantes, professores, e pais a encontrarem e usarem novas informações. Com a utilização das ferramentas da Internet, é possível encontrar e recuperar, quase que instantaneamente, novas informações, dados, imagens, e softwares que são interessantes para um determinado domínio. Algumas vezes, a fonte de referência não se encontra disponível ao usuário, exceto na Rede. Estudantes também podem aprender na Rede habilidades relacionadas com independência educacional e autonomia intelectual.

Existem muitos preconceitos na sociedade que não são considerados, quando se utiliza a Internet, ou seja, ela é cega em termos de cor, e não discrimina os usuários. Preconceitos induzidos pela sociedade, como aparência, sexo, raça, e comportamentos podem ser minimizados, ou mesmo eliminados, isto é, estudantes aprendem que eles são julgados somente pelo que dizem e da maneira como dizem. Classe social, raça, idade, sexo, habilidades e desabilidades (defeitos físicos) não são consideradas na comunicação pela Internet.

2.2.7) Problemas de Segurança

Um dos problemas, usualmente reconhecido como problema de segurança na Rede, trata-se do fato de que as crianças podem ser tratadas como adultos, isto é, desde que os mais novos tenham um vocabulário razoável e articulado, pouco se pode fazer para não tratá-los como adultos na Rede.

Nesse sentido, tem sido amplamente reconhecido pelos educadores que, na comunicação com crianças, existe necessidade de se conversar e tratar sobre segurança, antes que um teclado e um modem estejam livremente disponíveis em um ambiente não supervisionado. Políticas locais variam, isto é, cada escola possui uma política própria. Nos Estados Unidos, uma orientação geral está disponível na norma RFC1578[25] (Sellers, 1994). No currículo de tecnologia, devem ser incluídas regras e ética para acesso à Rede. O estabelecimento de regras claras, e as conseqüências para quem as quebrar deve ser responsabilidade da escola. Nesse aspecto, deve-se considerar que é quase que impossível garantir com absoluta segurança que alunos jovens não terão acesso a materiais considerados impróprios pelos pais e educadores.

Na obra Kehoe et al. (1997), este assunto é tratado com mais profundidade. Um CD-ROM que a acompanha, contém o software *Cyber Patrol*, o qual impede que crianças acessem mais de 9.000 "sites" considerados impróprios, e oferece outros recursos. Cópia atualizada do *Cyber Patrol* pode ser obtida no endereço http://www.cyberpatrol.com.

É importante ressaltar que os "sites" considerados impróprios podem ser personalizados, e que, pelo dinamismo da Rede, a lista que os contém deve ser atualizada periodicamente. CompuServe, um provedor americano de serviços na Internet, oferece a seus usuários cópia gratuita da lista *CyberNOT*, que contém endereços considerados de acesso indesejáveis por crianças, atualizada mensalmente.

2.2.8) Bibliotecas

Atualmente, muitas bibliotecas públicas, governamentais e universitárias, ao redor do mundo, disponibilizam seus catálogos bibliográficos e bancos de dados "on line". Um número significativo dessas bibliotecas são acessíveis via WWW, Telnet ou através do Gopher.

WWW (também chamado simplesmente de Web), mudou drasticamente a forma de interação com os diferentes recursos da Internet, utilizando clientes dotados de recursos gráficos (conhecidos como "browsers"). Atualmente, é o serviço de maior crescimento e diversificação na **Internet**, causando a diminuição do uso dos serviços anteriores, em favor de seu apelo gráfico e multimídia.

Telnet é uma ferramenta da Internet que nos permite estabelecer uma conexão com um computador remoto, isto é, com um computador de uma outra rede. Em casos especiais pode-se utilizar esta ferramenta para executar uma determinada aplicação ou serviço ao ser estabelecida a conexão.

---

[25] RFC: Request For Comments – são os documentos que definem a Internet. Eles dizem sobre como ela funciona, como usa-la, e para onde ela está indo. RFC's podem ser obtidos no endereço http://www.faqs.org/rfcs/.

Gopher é uma ferramenta que permite "navegar" em sistemas de informação (servidores Gopher) baseado em menus. Documentos podem ser buscados e exibidos para o usuário. Gopher constitui em uma evolução em relação a telnet, mas ainda uma ferramenta de pouco recurso gráfico.

Apresenta-se, abaixo, uma reprodução da "home page" da biblioteca da Faculdade de Educação da UNICAMP, que pode ser acessada através do endereço http://fae.unicamp.br. A partir dessa "home page" é possível consultar o acervo da biblioteca, base de dados em CD-ROM, e catálogos "on line", por exemplo.

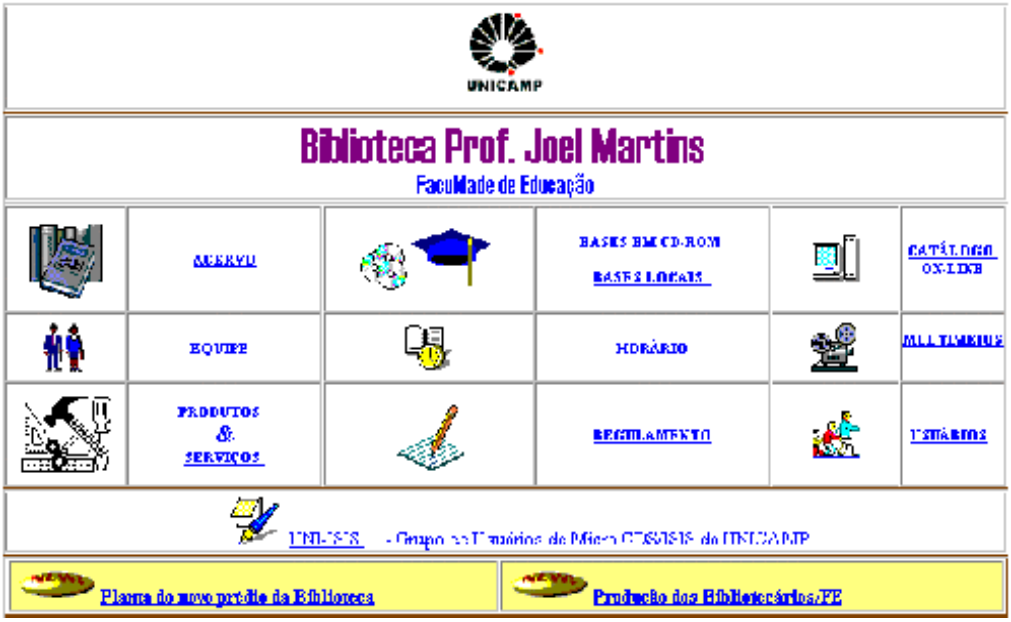


Figura 2.15 – "Home page" da biblioteca da Faculdade de Educação da UNICAMP
Fonte – http://fae.unicamp.br

Ao longo da última década, muitas bibliotecas adotaram a política de compartilhar seus recursos, na base da complementaridade. Essa política resulta em uma maior relação custo/benefício e propicia ao usuário um maior conforto. Vários consórcios de bibliotecas foram criados com essa finalidade nos Estados Unidos. Através do projeto Library Linkages, mantido a nível internacional pelo Consórcio Ibero-americano para a Educação em Ciência e Tecnologia – ISTEC[26], atualmente, professores e alunos da UNICAMP podem realizar buscas nos catálogos "on line" das bibliotecas pertencentes a essa rede e receber via Internet, a custo zero, cópias de artigos, de capítulos de livros, e de outros documentos disponíveis, em prazos menores do que aqueles que ocorrem com os serviços tradicionais de obtenção de documentos, oferecidos pelas bibliotecas nacionais. No "site" da Biblioteca da Área de Engenharias (BAE), da UNICAMP (http://www.bae.unicamp.br), encontram-se informações sobre esse projeto, e também, através das conexões (links) existentes, pode-se acessar as demais bibliotecas pertencentes a essa rede de bibliotecas interligadas.

Algumas bibliotecas, principalmente aquelas com arquivos raros, estão digitalizando suas coleções, abrindo caminho para as bibliotecas virtuais. Existe, nesse sentido, o

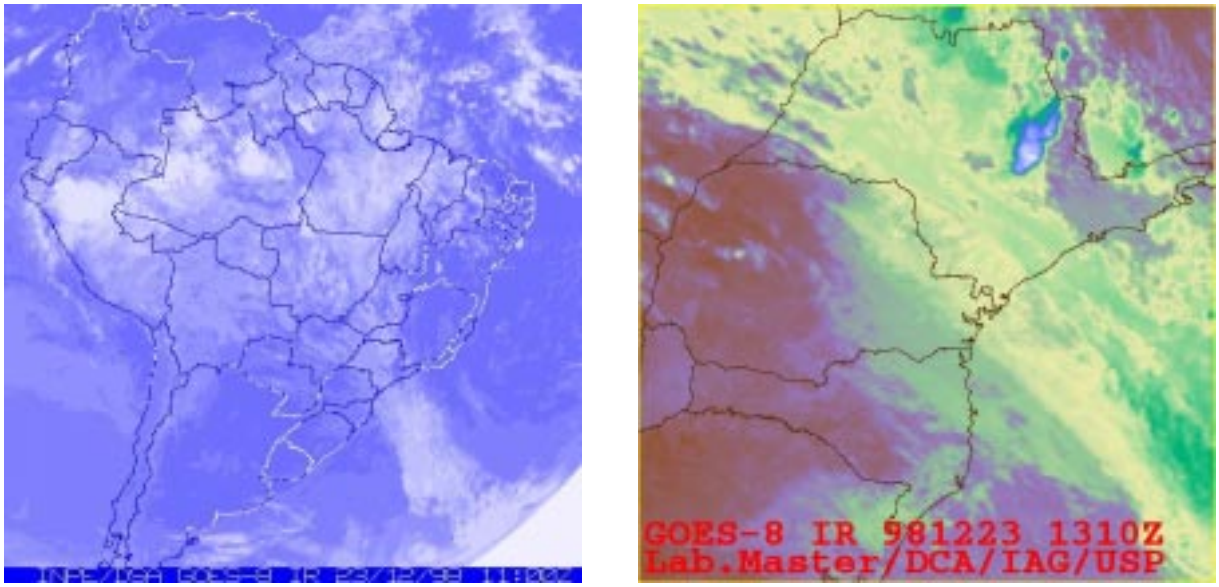
[26] ISTEC: http://www.eece.unm.edu/istec.

Projeto Gutenberg com arquivos de textos completos de livros clássicos digitalizados, que podem ser copiados (“downloaded”) gratuitamente.

2.2.9) Bancos de Dados

Milhares de bancos de dados são acessíveis via Internet, com estatísticas em, virtualmente, tudo que se possa imaginar. Incluem-se dados governamentais, horários de vôos de companhias aéreas, condições de tráfego, previsão de tempo, e muitos outros. A Internet conecta bancos de dados espalhados pelo mundo, alguns dos quais não são acessíveis exceto para usuários da Internet. Há também enormes arquivos com software grátis ou de baixo custo, que podem ser úteis para pesquisadores.

Por exemplo, no “site” http://www.cpa.unicamp.br é possível obter-se dados metereológicos, e acessar fotos atualizadas registradas por diversos satélites meteorológicos. Como ilustração, apresentam-se a seguir duas fotos extraídas deste “site”, as quais mostram as formações de nuvens, em termos de Brasil e de Estado, na ante-véspera do Natal de 1998. Informações como essas podem ser trabalhadas em aulas de Geografia e de Ciências.



(a) (b)

Figura 2.16 – Reproduções de fotos mostrando condições meteorológicas
(a) Satélite Goes-8, 23/12/98 9:00 H (hora local)
(b) Satélite Goes-8, 23/12/89 11:10 H (hora local)
Fonte – http://www.cpa.unicamp.br

2.2.10) Na Universidade

O meio acadêmico tem sido o centro do desenvolvimento e de apoio da Rede em muitas áreas acadêmicas. Professores estão utilizando a Internet para apoiar uma variedade de cursos e funções de ensino, oferecendo cursos inteiros via Internet.

Vários professores vêm disponibilizando em suas “home pages” informações de interesse de seus alunos sobre as disciplinas que estão lecionando, como bibliografias, “links”

para “sites” com informações relacionadas aos vários tópicos de trabalhados em sala de aula, resumo das aulas ministradas, listas de exercícios, e resultados de avaliações. A Internet tem sido o meio de comunicação entre os alunos e os professores.

Em administração: matriculas, horários de aulas, ementas, informações, requisição e obtenção de documentos acadêmicos, informações sobre o exame vestibular, dentre outros, vêm ocorrendo através da Internet.

Em termos de Brasil, várias organizações de financiamento e apoio à pesquisa, como FAPESP, CNPq e CAPES, mantêm presença na Internet. Informações sobre oferecimento de bolsas de estudo, sobre linhas de financiamento à pesquisa, dentre outras, podem ser obtidas “on-line”.

Professores e alunos estão caminhando para além de coletas de dados, análise e troca de informações, para áreas de “preprints”, publicações em linha e jornais eletrônicos. Assim sendo, séries eletrônicas estão crescendo em número e legitimidade, por exemplo, algumas revistas, espelhos daquelas publicadas em papel, e um número crescente de revistas publicadas somente em forma eletrônica, encontram-se disponíveis na Internet.

Divulgações de congressos, com informações sobre calendários para submissão de trabalhos, e posteriormente, com versões iniciais dos anais (proceedings), têm sido encontradas na Internet.

Vagas para professores e outras posições acadêmicas têm sido, de forma crescente, listadas na Internet.

A American Mathematical Society (AMS) mantém em sua “home page” (http://www.ams.org) todos os tipos de informações para os matemáticos, inclusive chamadas de trabalhos, informações sobre conferências, e possibilita ainda, acesso a artigos ainda não publicados (http://www.ams.org/mathweb/mi-preprints.html), a revistas eletrônicas (http://www.ams.org/mathweb/mi-journals.html) e a livros eletrônicos (http://www.ams.org/mathweb/mi-books.html).

2.2.11) Comunicação Mediada por Computador

Com a utilização de computadores no processo ensino/aprendizagem, um novo termo surgiu para designar a nova forma de comunicação entre professores e alunos, e que também vem sendo utilizado em nossa sociedade. Trata-se da Comunicação Mediada por Computador – CMC. Muito embora reconhecendo que a comunicação face a face com professores seja importante no processo educacional das pessoas, a utilização de computadores para mediar a comunicação que ocorre através da Internet, vem ocorrendo no meio educacional.

Comunicação Mediada por Computador está freqüentemente associada com iniciativas de aprendizagem à distância, nas quais conectam entre si aprendizes que se comunicam entre si, usualmente através de mensagens eletrônicas. Todavia, muitos dos serviços oferecidos através da CMC podem ser úteis a alunos e professores na mesma sala de aula. À medida em que os computadores estão cada vez mais integrados no processo ensino/aprendizagem, e uma vez que o tempo está se tornando um fator importante,

professores e alunos têm se utilizado com mais intensidade de computadores para comunicação.

Ressalta-se que em CMC, existe uma distinção importante entre comunicação síncrona e comunicação assíncrona. **Comunicação síncrona**, também chamada de comunicação em tempo real, ocorre, quando duas ou mais pessoas estão se comunicando ao mesmo tempo, o que não significa que elas devam estar no mesmo local. Esse tipo de comunicação é possível, por exemplo, através do **telefone** e de **audio/vídeo conferência**. **CMC síncrona** ocorre quando duas ou mais pessoas estão conectadas entre si, via seus **computadores**, e estão se comunicando ao mesmo tempo. Esse tipo de comunicação é possível quando as pessoas utilizando recursos como Internet Relay Chat – IRC, conhecido como "bate-papo", serviço que permite aos usuários se comunicarem, trocando mensagens digitadas na tela. **Comunicação assíncrona** ocorre quando somente uma pessoa pode se comunicar por vez, como ocorre com a utilização de secretária eletrônica ou máquina de fax. Nesses casos, a pessoa deixa uma mensagem e a outra retorna o contato depois. **CMC assíncrona** ocorre quando somente uma pessoa pode se comunicar por vez, via computador, como por exemplo, "e-mail".

Observa-se que, apesar de ser possível a ocorrência de comunicação **síncrona** e de comunicação **assíncrona**, no processo de **comunicação mediada por computador**, parte significante ocorre na forma **assíncrona**.

2.2.11.1) Tipos de Comunicação Mediada por Computador

Há várias formas e maneiras segundo as quais estudantes, pais, e professores podem usar a Internet para aprenderem nas escolas, em casa, ou no ambiente de trabalho. Algumas opções estão listadas a seguir, mas poderiam incluir uma combinação delas.

Comunicação	Ferramenta na Rede
Pessoa-à-pessoa	E-mail
Pessoa-à-vários	E-mail, listserv, newsgroups
Muitas pessoas-à-muitas pessoas	E-mail, listserv, newsgroups
Pessoa-à-computador	Telnet, FTP, Gopher, WWW
Pessoa-à-vários computadores	Veronica, Gopher, WWW
Computador-à-pessoa	Personal news service, beeper services

Sobre as ferramentas indicadas apresentam-se as seguintes definições:

"**E-mail**" é o processo mais comum de CMC. Através dele pode-se enviar e receber mensagens eletrônicas. Mensagens eletrônicas consistem em mensagens textuais que são enviadas, através da Internet, para outro computador em algum lugar do mundo. Mais recentemente, "voice mail messages" (mensagens com voz) têm sido utilizadas, possibilitando que comunicações ocorram de forma mais pessoais.

Atualmente, existe disponível no mercado uma nova ferramenta que permite comunicação eletrônica de uma forma clara, detalhada e com a conveniência da utilização de recursos multimídia. Trata-se do eTEAM, desenvolvido pela InfoCast (http://www.i-cast.net). Com essa ferramenta é possível enriquecer a comunicação eletrônica, fazendo-a sair de uma forma puramente textual, para um ambiente multimídia, mais natural.

Com o eTEAM pode-se capturar gráficos na janela (desenhos, figuras, imagens, gráficos em geral) importar imagens JPEGs, GIF, bitmaps, textos de outros programas (*Word*, *Power Point*, *Excel*, entre outros), efetuar comentários nestes objetos, e também gravar voz – tudo em tempo real, como se o usuário estivesse frente-a-frente, explicando um determinado assunto. As informações são compactadas e enviadas a seu destinatário, utilizando o programa de mail de preferência do usuário. A pessoa que recebe a mensagem pode abri-la usando o software eTEAM, ou o programa eTEAM Player, que pode ser obtido gratuitamente no endereço eletrônico da InfoCast.

Apresenta-se, na Figura 2.17, a reprodução de uma tela do eTEAM, com a imagem de uma particular mensagem.

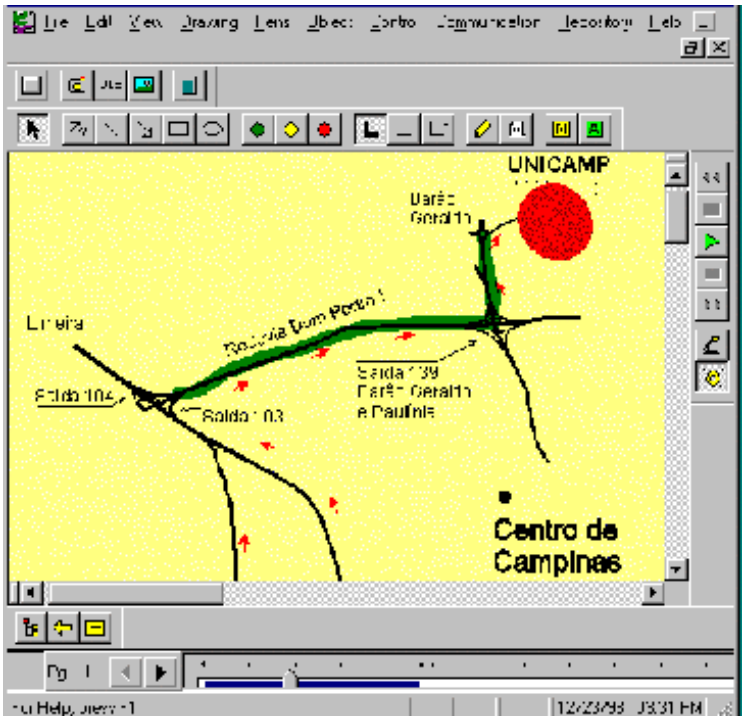


Figura 2.17 – Imagem de uma tela de uma mensagem enviada utilizando o eTEAM

Listserv são programas computacionais que gerenciam listas de endereços eletrônicos, as quais se constituem no centro de um grande número de fóruns de discussões em tempo real. Esses fóruns, por sua vez, constituem-se de usuários de "e-mail" com interesse em tópicos de interesse comum. Mensagens recebidas são automaticamente reendereçadas aos usuários participantes das listas relacionas com o tópico em questão. Para utilizar este serviço o usuário deve se inscrever junto ao computador, que controla, seleciona e redistribui as mensagens recebidas.

Newsgroups consiste em uma forma de usuários da Internet compartilhar gratuitamente de informações. Funciona como um quadro de aviso eletrônico público, onde pessoas disponibilizam suas informações e, assim, interagem com outros usuários. A diferença básica entre listserv e newsgroup consiste em que no primeiro, as mensagens recebidas são reencaminhadas aos usuários com endereços constantes nas listas elaboradas por tópicos de interesse. No segundo, o acesso às mensagens recebidas é livre a qualquer usuário da Internet. Os interessados é que buscam informações nos endereços organizados por tópicos.

Telnet, ou conexão remota, permite aos usuários conectarem-se com outros computadores e com os serviços que eles suportam. Telnet torna a distância um fator sem relevância. É possível a um usuário, a partir de seu escritório, utilizar um computador no outro lado do planeta como se este estivesse na sala ao lado. Para utilizar um sistema computacional remoto, na maioria das vezes torna-se necessário que o usuário esteja registrado no sistema e disponha de uma senha de acesso. Alguns sistemas computacionais, entretanto, são abertos e permitem livre conexão. É, por exemplo, o caso de sistemas que contêm catálogos de bibliotecas em linha, e de sistemas de informações públicas, entre outros.

File Transfer Protocol – FTP permite aos usuários movimentarem programas e dados de um computador par outro, através de uma rede de computadores.

Gopher e **Veronica**, são basicamente ferramentas de busca na Internet.

World Wide Web – WWW é o serviço na Internet que mais está crescendo. Consiste em uma rede de servidores de informações que apresenta texto formatados, gráficos, animações e sons. Algumas localizações na Web (ou "home pages") permitem que mensagens sejam lidas e postadas. Outras permitem obter cópias de arquivos e programas utilizando ftp. A Web apresenta elos de conexão com hipertextos, permitindo ao usuário chamar mais informações clicando em palavras destacadas, mesmo que essas informações estejam localizadas em outro servidor distante do primeiro.

Com a utilização dessas ferramentas, dependendo dos objetivos, é possível obter-se:

- Colaboração profissional entre educadores compartilhando recursos e trocando informações. Vários exemplos têm sido citados na literatura, na qual autores trabalham em conjunto;

- Investigações colaborativas entre estudantes superando distância e tempo, juntando grupos com interesse comum de escolas do município, do país, ou mesmo do exterior, nesse último caso, superando problemas de línguas;

- Acesso de professores e estudantes a especialistas científicos;

- Acesso de professores e estudantes a informações através de bibliotecas, catálogos, bases de dados, arquivos, serviços de informações, software, entre outros;

- Desenvolvimento colaborativo de materiais e programas educativos; educação e aprimoramento de professores; publicação eletrônica dos produtos dos estudantes.

Outros recursos de Comunicação Mediada por Computador têm sido utilizados em ambientes de trabalhos colaborativos de pesquisa, e para troca de informações. Por exemplo, *MOO* (*Multi-User Dimension Object Oriented*), que trata-se de um sofisticado programa de computador, o qual permite, a múltiplos usuários conectados via Internet, compartilhando bancos de dados e outros objetos, interagirem entre si e com a banco de dados, sincronamente. Há várias páginas da Rede (Web pages) com informações sobre *MOO*. Por exemplo, ver *Beginner's Guide to MOOing*, in: http://lingua.utdallas.edu/guide.html.

2.2.11.2) Ensinando e Aprendendo através de Comunicação Mediada por Computador – CMC

O uso da Internet apresenta algumas oportunidades e desafios únicos, pois comunicação e ensino/aprendizagem via Internet difere da comunicação em uma sala de aula tradicional. Em alguns casos, as atividades são tão diferentes que apresentam situações que requerem novas técnicas e novos entendimentos de como as pessoas aprendem. Subjacente a todas as atividades em Educação na Internet está a Comunicação Mediada por Computador. Isso significa que toda comunicação – oral ou visual – são conduzidas usando computadores de alguma forma. Tudo que é feito envolve computadores na interação.

Pode-se obter informações sobre CMC na Internet. Vários endereços existem, e neles encontram-se todos os tipos de informações. Sugere-se uma busca inicial através de uma das ferramentas de busca, já mencionadas neste capítulo.

As perspectivas, acima delineadas, elucidam as potencialidades da Internet, como um possível ambiente educacional. Cabe aos professores, preocupados em redimensionar os seus métodos de trabalho e suas teorias de ensino, tornando-os compatíveis com os avanços tecnológicos, o desafio de utilizá-la.

Em um **terceiro momento** deste capítulo, como já mencionado, apresenta-se a descrição e análise de uma pesquisa que investiga como a Tecnologia, mais especificamente, os computadores estão sendo utilizados em algumas escolas da rede pública de Albuquerque, Novo México, USA. Nessa descrição enfatiza-se também a abordagem dada por alguns professores universitários a respeito da introdução e disseminação da informática no ensino.

2.3) Entrevistas

2.3.1) O Contexto Americano

Com o objetivo de elucidar como a Informática vem sendo utilizada em algumas escolas de 1º, 2º e 3º graus da rede pública de ensino, apresentam-se considerações teórico-metodológicas de uma pesquisa desenvolvida com alguns professores de escolas americanas, mais especificamente, da cidade de Albuquerque, Novo México – USA, e também com alguns professores da Universidade do Novo México (UNM).

Por que Albuquerque? Por se tratar de uma cidade com aproximadamente setecentos mil habitantes, localizada na região sudoeste americana, com características sociais e econômicas próximas às de Campinas.

2.3.2) Entrevista com a Diretora de Tecnologia da Rede Pública de Ensino de Albuquerque – Novo México/USA

Primeiramente, realizou-se uma entrevista com a diretora[27] do Departamento de Serviços em Tecnologia e em Informação (Director of Information Tecnology Services Department) de Albuquerque Public School (APS), na qual abordaram-se temas sobre a

[27] Ressalta-se que na descrição e análise dos dados obtidos nesta entrevista, ao se referir à diretora entrevistada, a pesquisadora utilizará as iniciais do nome, qual seja: MD. Como já explicitado, anteriormente, nesta pesquisa, pesquisadora se trata da autora da tese.

introdução da computadores no ensino. A entrevista baseou-se nas seguintes questões relacionadas abaixo.

How many public schools are there in Albuquerque (divided by elementary, middle and high)?

Quantas escolas públicas existem em Albuquerque (escolas primárias (1ª a 5ª série), secundárias (6ª a 8ª série) e colegiais (9ª a 12ª série))?

How many students are there in APS (divided by elementary, middle and high)?

Quantos estudantes existem no Sistema de Escolas Públicas de Albuquerque (APS)? (primárias, secundárias e colegiais)?

How many private schools are there in Albuquerque (divided by elementary, middle and high)?

Quantos escolas particulares existem em Albuquerque (primárias, secundárias e colegiais)?

How many public schools are using computers in the classroom?

Quantas escolas públicas estão usando computadores na sala de aula?

Which of these schools are currently linked to the APS network?

Quais dessas escolas estão ligadas na rede do Sistema de Escolas Públicas de Albuquerque (APS)?

What are the basic technical features of the APS network? (i.e. speed, mode of connection for the schools, etc)

Quais são as características técnicas básicas da rede do Sistema de Escolas Públicas de Albuquerque (APS)?

Does APS offer technical support for schools connected to the network?

O Sistema de Escolas Públicas de Albuquerque (APS) oferece suporte para as escolas conectadas na rede?

Does APS offer training (in computer-aided teaching) to its teachers?

O Sistema de Escolas Públicas de Albuquerque (APS) oferece treinamento em computadores e em ensino de computadores para seus professores?

Does APS supply software and didatic material to the schools?

O Sistema de Escolas Públicas de Albuquerque (APS) fornece software e material didático para as escolas?

2.3.2.1) Descrição da Análise e Reflexões sobre os Dados Obtidos

- **Sistema de Escolas Públicas de Albuquerque**

Contextualizando o Sistema de Escolas Públicas de Albuquerque (APS), pode-se dizer que tal sistema abrange toda a cidade, com onze colegiais (High Schools), doze escolas alternativas (escolas alternativas são escolas para os estudantes que não possuem um bom desempenho nas escolas tradicionais), vinte e três escolas secundárias (Middle Schools) e oitenta e sete escolas primárias (Elementary Schools). Com o objetivo de reportar o leitor a um aprofundamento nesse assunto, apresenta-se o endereço eletrônico: http://www.aps.edu/aps**,** no qual se encontra a "home page" do Sistema de Escolas Públicas de Albuquerque (APS).

No Sistema de Escolas Públicas de Albuquerque (APS) existem cerca de noventa mil estudantes. Quanto à questão sobre as escolas particulares de Albuquerque, a diretora, MD. afirmou não possuir dados suficientes para responder.

Em relação às escolas utilizarem ou não computadores, a referida diretora MD., enfatizou que todas as escolas públicas de Albuquerque estão utilizando computadores na sala de aula. Muitas dessas escolas, principalmente as escolas primárias (Elementary Schools), possuem um laboratório com mais de quinze computadores. Ressalta-se, porém que essas escolas não possuem um computador em cada classe mas, os estudantes podem freqüentar os laboratórios de Informática, assim sendo, a escola toda tem acesso, de algum modo, a computadores.

Quanto às características técnicas básicas da rede do Sistema de Escolas Públicas de Albuquerque (APS), uma informação importante consiste no fato de que algumas escolas estão conectadas em redes LAN (Local Area Network). No prazo de mais dois anos todas as escolas deverão estar ligadas em redes. A conexão dos colegiais (High Schools) se dá via conexão tipo T1[28]. As escolas primárias e secundárias (Elementary e Middle Schools) estão conectadas via linha de 56 Kbps (Kilobites por segundos). Para as escolas que não estão ainda conectadas, o distrito paga pelo menos uma linha telefônica e, dessa forma, elas podem usar um modem (modulador e demodulador) com velocidade de 9.600 a 14.400 bps para acessar a Internet. Observa-se então que todas as escolas possuem meios de se conectarem com a Internet.

O Sistema possui um grupo especializado de profissionais que oferece serviços em hardware. Dessa forma, os computadores são consertados e a assistência técnica é oferecida para todas as escolas pelo próprio Sistema. As oficinas de reparos estão localizadas no próprio distrito, no qual situa-se a parte administrativa do Sistema. Possuem também Serviços de Suporte a Redes (Network Support Services), que consiste em um grupo distinto de especialistas que auxiliam as escolas no projeto de suas redes LANs (Local Area Networks).

Estes aspectos são de suma importância no planejamento e no funcionamento dos laboratórios de Informática, instalados nas escolas. Certamente, aspectos como esses foram

[28] T1 é um termo utilizado em transmissão digitais de sinais e representa uma taxa de 1,544 Mbps. Dessa forma, uma linha T1 apresenta uma capacidade de transmissão de 1,544 Mbps. Para efeito de comparação, observar a Figura 2.14, que representa a rede ANSP. A atual velocidade de conexão da UNICAMP com a FAPESP é de aproximadamente 2 Mbps. Esta é a velocidade do "backbone" da rede ANSP. Veja também a Figura 2.13 que representa o "backbone" da rede RNP.

considerados pelas autoridades públicas que estão "colocando" computadores nas escolas brasileiras. Por constituírem-se em equipamentos compostos de componentes eletrônicos, e de partes mecânicas móveis, os computadores estão sujeitos a serviços de manutenção. No caso brasileiro, quem assumirá os custos de manutenção, e em quanto tempo as escolas serão atendidas? Espera-se que esta responsabilidade não esteja destinada às Associações de Pais e Mestres.

Refletindo sobre as informações, acima relacionadas com o Sistema Público de Albuquerque, a maior cidade do estado americano classificado em penúltimo lugar, em termos de desempenho econômico, e comparando com o Sistema de Escolas da Rede Pública de Campinas, a maior cidade do interior do estado mais rico da federação, e um dos mais desenvolvidos pólos tecnológicos brasileiros, verifica-se um enorme contraste, em termos de infra-estrutura tecnológica. Tal contraste é decorrente, não só do avanço tecnológico americano, mas também da relevância que a política educacional americana atribui ao ensino do país.

- **Reciclagem e Aperfeiçoamento de Professores**

É importante notar que algumas escolas possuem seus próprios provedores, outras utilizam um provedor da APS, e outras utilizam provedores comerciais e, dessa forma, mantêm suas próprias "home pages". As escolas que possuem recursos financeiros da Associação de Pais e Mestres, ou da comunidade estão comprando "contas" em provedores comerciais. Um dado importante, consiste no fato de que o Sistema de Escolas Públicas de Albuquerque (APS) está procurando desincentivar esta iniciativa, pois através da APS eles podem controlar o acesso a endereços inconvenientes ou não desejados aos alunos.

O Sistema de Escolas Públicas de Albuquerque (APS) oferece suporte técnico para as escolas conectadas na rede. Esse Sistema possui vários departamentos que propiciam serviços especializados; serviço aos professores, de reciclagem e exploração de softwares; formação de classes de aperfeiçoamento para professores sobre a Internet, noções básicas sobre computadores; como usar computadores na sala de aula e como integrar novas tecnologia no ensino.

Enfatiza-se que, segundo a diretora entrevistada, os professores fazem esses cursos, não por serem obrigados, mas acima de tudo, porque eles querem aprender e adaptar as novas tecnologias no processo ensino/aprendizagem, em outras palavras, os professores já se conscientizaram da importância de adaptar o avanço da tecnologia em suas aulas.

O Sistema de Escolas Públicas de Albuquerque (APS) tem trabalhado com o Sindicato dos Professores (Teachers' Union) e com o Departamento de Recursos Humanos (Personnel and Human Resources) no sentido de incorporar esses aperfeiçoamentos e reciclagens de professores na avaliação anual dos professores e, desse modo, como parte da avaliação dos professores, espera-se que estes tenham um certo nível de familiaridade e especialização com os novos artefatos tecnológicos.

Pelos depoimentos e comentários da referida diretora, pode-se assinalar uma distinção importante entre os professores mais novos e os mais idosos. Tal distinção consiste no fato de que os mais novos são mais familiarizados, entusiasmados e interessados com os novos recursos tecnológicos e percebem a importância de implementá-los em suas salas de aula. Porém, existem professores antigos (com mais de vinte anos de trabalho) que, pouco a pouco,

descobrem as possibilidades da utilização de computadores na sala de aula, e, com esta descoberta, tornam-se mais interessados e motivados a respeito dos aspectos relacionados com tecnologia. Segundo as próprias palavras da citada diretora, "Nós temos professores na APS que têm sido professores com métodos tradicionais, e eles descobriram essa nova ferramenta para usar: o computador e eles realmente amaram isto, eles usam o computador todo o tempo em suas aulas." (tradução da pesquisadora).

O Sistema propicia também reciclagem para os professores no Grupos de Serviços em Software (Software Services Group). Importa lembrar que esse grupo de reciclagem ensina os professores das escolas a utilizarem na sala de aula softwares, tais como, *Kid Pix*, *HyperStudio*[29], *Netscape*, além dos softwares, comercialmente disponíveis. Porém, o Sistema não utiliza nos cursos de reciclagem de professores softwares educacionais, pois acredita que os softwares devam ser escolhidos e comprados pelos próprios professores das escolas. Os professores decidem em reuniões que tipo de software deve ser comprado a fim de atender às características de sua escola.

Nesse sentido, o Sistema de Escolas Públicas de Albuquerque (APS) fornece softwares e materiais didáticos para as escolas. Porém, cada escola possui seu orçamento individual para a escolha do software mais apropriado aos objetivos e conteúdos programáticos de cada disciplina. A mesma coisa acontece com os materiais instrucionais, existe uma lista de material aprovado pelos órgãos superiores e as escolas, com os seus respectivos orçamentos, através de um comitê estabelecido, decidem quais os tipos de materiais são mais adequados para se obter e se comprar.

- **Internet na Sala de Aula**

Quanto à temática: Internet na Sala de Aula, a diretora entrevistada MD. informou que as escolas utilizam computadores conectados à Internet, de várias maneiras e em diversas disciplinas. Em Estudos Sociais, por exemplo, os estudantes usam a Internet para pesquisas, especialmente se eles estão buscando temas contemporâneos, acham novas estórias na Internet, como parte de suas pesquisas. Existem classes de Artes nos colegiais (High Schools) que utilizam computadores para processamento de gráficos.

Quanto aos problemas de segurança sobre os alunos navegarem na Internet, a referida diretora MD. menciona que este é um problema extremamente complexo, o qual exige estudos e reflexões a respeito, e ainda, que eles estão lidando com esse assunto de uma forma prematura. Entretanto a nível de distrito, eles estão bloqueando o acesso aos "sites" inapropriados, ou seja "sites" que tratem sobre pornografia, ou "sites" que possuam discursos e temas violentos, ou ainda "sites" que o sistema julgue impróprio para os estudantes. Um outro aspecto importante, trata-se de palestras e reuniões como parte da reciclagem dos professores sobre como eles devem conversar com os alunos a respeito das vantagens e desvantagens de visitar os diversos "sites" e, além disso, como os estudantes devem proceder no sentido de rastrear mensagens eletrônicas e apagar arquivos.

---

[29] HyperStudio é uma ferramenta de autoria em multimídia que permite, de uma maneira fácil e efetiva, comunicar-se, apresentando idéias e trabalhos em disquetes, CD-ROM, ou através a Internet. Foi desenvolvida por Roger Wagner Publishing. Informações sobre essa ferramenta, bem como cópia para a sua avaliação e exploração, podem ser encontradas em **http://www.hyperstudio.com**.

A referida diretora menciona ainda que eles estão orientando os estudantes sobre a ética de se trabalhar com computadores na Internet. Com o objetivo de ressaltar essas idéias, recorre-se às suas próprias palavras que expressam as concepções acima delineadas:

> *"*Nós estamos fazendo isto de duas maneiras: uma trata-se de proteger alguns "sites", e a outra tentamos ensinar nossos alunos o que é correto e o que não é correto. Isto coloca a responsabilidade no estudante e realmente ensinam a eles sobre caráter para o resto de suas vidas." (tradução da pesquisadora).

Nessa mesma perspectiva, questionou-se como tem sido a reação dos pais dos estudantes sobre essa temática. De acordo com o depoimento da diretora entrevistada, de um modo geral, a reação dos pais tem sido positiva, sendo que a maioria se mostra muito entusiasmada pelo fato de seus filhos terem acesso à Internet, quase que diariamente na escola. Nesse aspecto, uma situação que evidencia o envolvimento dos pais com as novas tecnologias no ensino, consiste no fato de que algumas escolas, depois das aulas abrem suas portas e facilidades para que os alunos que não possuam computadores em casa, trabalhem juntamente com seus pais em diversos temas, desse modo, os pais tomam consciência do trabalho que as escolas desenvolvem com seus filhos, na introdução e utilização da Tecnologia no ensino.

- **A Tecnologia como Instrumento de Ascensão Social**

Nessa abordagem, questionou-se a referida diretora sobre maneiras pela qual o Sistema de Escolas Públicas de Albuquerque (APS) gostaria de preparar seus estudantes para o novo mundo informatizado que está chegando. Assim sendo, conforme suas próprias palavras:

> "Nós estamos fazendo com que os nossos alunos sintam-se familiarizados e confortáveis com qualquer tipo de tecnologia que eles provavelmente encontrarão no mercado de trabalho ou qualquer tecnologia que eles possam encontrar em suas casas. Nós achamos que a tecnologia, que muitos de nossos alunos possuem em suas casas é mais avançada do que nós temos em nossas escolas. Nós estamos tentando alcançar isto. Certamente, a Tecnologia e os computadores que estarão disponíveis no mercado de trabalho quando os estudantes saírem do distrito escolar, serão bem mais avançados do que aquele que nós temos, então nós estamos tentando elevar o nosso nível." (grifo e tradução da pesquisadora).

Analisando as palavras acima, infere-se que a preocupação que o Sistema de Escolas Públicas de Albuquerque (APS) possui, expressa-se, não somente pelo fato das escolas ensinarem aos estudantes as novas tecnologias, mas sobretudo, de adequarem os seus métodos de trabalho e suas teorias de ensino aos avanços tecnológicos da sociedade. Isso tudo para que seus alunos saibam como utilizar computadores e a tecnologia, de um modo geral, no mercado de trabalho e em suas próprias vidas, propiciando-lhes dessa forma, o desenvolvimento integral e pleno como cidadãos em uma sociedade cada vez mais automatizada e informatizada.

Ainda quanto às relações existentes entre tecnologia e o "status" social, questionou-se se o Sistema de Escolas Públicas de Albuquerque estabelecia alguma relação entre o interesse das escolas sobre tecnologia com a renda orçamentaria e com o "status" social das famílias dos estudantes, mais especificamente, entre os hispânicos e os anglo-saxões.

Sobre esse aspecto, a referida diretora expondo suas idéias, enfatizou que, na sua visão pessoal, as escolas com nível sócio-econômico mais baixo estão desenvolvendo um programa de tecnologia mais consistente que as outras escolas mais abastadas. A explicação

desse fato se dá, pois as comunidades menos abastadas, compreendem que tecnologia e educação são extremamente importantes para que seus filhos tenham ascensão social, através de empregos dignos e vida equilibrada na sociedade. Desse modo, essas comunidades se envolvem, apoiando a escola em vários aspectos. Na concepção desta pesquisadora, este fato traduz-se em um exemplo valioso para os governantes, para a política educacional, e para as escolas, pois propiciar aos alunos condições de vivenciarem e explorarem a tecnologia na escola faz com que eles tenham uma adaptação mais adequada em suas vidas futuras, integrando-os plenamente no mercado de trabalho e na sociedade em que vivem.

Quanto à distribuição de rendas, o Distrito do Sistema de Escolas Públicas de Albuquerque (APS) confere igualmente os recursos financeiros para as escolas, independente da escola ser pobre ou mais abastadas. Porém, as escolas mais ricas, além dos recursos que recebem do Distrito, possuem uma renda orçamentaria originária de uma arrecadação substanciosa advinda da Associação de Pais e Mestres (Parents Teacher's Association – PTA). Enquanto estas escolas possuem mais recursos, as outras menos favorecidas possuem um maior envolvimento com a comunidade, e dessa forma, a referida diretora, acredita que os resultados, em termos de oportunidades para os estudantes, tornam-se equilibrados.

Convém ressaltar que o Sistema possui ainda um programa especial, relacionado com o "status" econômico das famílias dos estudantes, que atende às comunidades de baixa renda, um programa a nível federal, chamado Title I, direcionado especialmente para crianças. Este programa propicia apoio aos estudantes em aspectos variados, e seu objetivo é fortalecer as habilidades de cálculo, de leitura e de escrita. Trata-se de um programa inovador, que enriquece e complementa os programas desenvolvidos nas aulas e que também subsidia o lanche escolar. Esses programas acontecem antes ou depois do horário da escolas, e as crianças de baixa renda, trabalham e envolvem-se com tecnologia nos mais diversos projetos, que lhes proporcionam, desta forma, familiaridade com os recursos tecnológicos.

2.3.3) Entrevistas com os Professores

Em um outro momento desta pesquisa, realizaram-se entrevistas com professores de 1º e de 2º graus das escolas públicas de Albuquerque, New Mexico, USA. As escolas pesquisadas foram: La Mesa Elementary School, Inez Science and Tecnology Magnet School, Grants Middle School, e Albuquerque High School.

Os temas abordados com os professores dessas escolas relacionaram-se às questões abaixo apresentadas.

How many computers does the school have? How many are on the Net? Does your school have a home page?

Quantos computadores a escola possui? Quantos estão ligados em redes? A sua escola possui "home page"?

For which disciplines are computers used? How are teachers using the Internet? Are your students using the Internet?

Para quais disciplinas os computadores são utilizados? Como os professores estão utilizando a Internet? Seus alunos estão utilizando a Internet?

With which kind of software have the students been working? And about Logo?

Quais são os tipos de softwares com que os estudantes estão trabalhando? E sobre Logo?

Do the teachers receive training before using the software? If yes, who provides it?

Os professores recebem treinamento antes de usarem os softwares? Quem propicia este treinamento?

Are students more or less motivated in the regular classes after working with computers?

Os estudantes estão mais, ou menos, motivados em classes regulares depois de trabalharem com computadores?

Are the parents supporting the introduction of new tecnologies in the classroom?

Os pais apóiam a introdução de novas tecnologias na sala de aula?

2.3.3.1) Descrição da Análise e Reflexões sobre os Dados Obtidos

2.3.3.1.1) La Mesa Elementary School

O objetivo da escola La Mesa Elementary School consiste em criar um ambiente de aprendizagem o qual implementa o núcleo curricular do distrito e cria um currículo acadêmico relevante, através do desenvolvimento da alfabetização, enfatizando habilidades para a vida, tomada de decisões e pensamento crítico.

A população de estudantes conta com as seguintes porcentagens: 59.7% hispânicos; 16.8% anglo-saxões; 16,8% americanos nativos; 5.6% negros; 3% asiáticos e 5.6% outros.

Pode-se perceber que La Mesa possui uma população diversificada; sendo a maior população de estudantes, hispânica; e a língua materna para muitos dos estudantes hispânicos é o Espanhol. La Mesa possui ainda um número significante de americanos nativos. Dessa forma, uma das responsabilidades da escola é fornecer programas especialmente projetados para as necessidades diversas da população de estudantes.

A escola de ensino fundamental La Mesa Elementary School possui os seguintes programas especiais:

Dia Extenso

Este programa fornece um dia inteiro para locutores espanhóis mono-linguísticos, com o objetivo de desenvolver habilidades de alfabetização em Espanhol.

English as Second Language (ESL)

Este programa propicia suporte, na forma de pequenos grupos de estudantes que não possuem como primeira língua o Inglês. A ênfase é colocada na aquisição de habilidades necessárias ao desenvolvimento do Inglês.

Even Start

Consiste em um programa para a pré-escola (pre school) com crianças de dois até cinco anos, cujo objetivo é o desenvolvimento de habilidades físicas, cognitivas e emocionais.

Family Literacy Program

Este programa é um componente do "Even Start" e oferece educação básica de adultos.

Fifth Grade Reading Program

Trata-se de um programa de alfabetização que é designado para estudantes da 5ª série do ensino fundamental. Oferece grupos de estudos entre as classes, com um foco intenso em práticas de habilidades de leitura.

Hispanos Buscando La Superacion

Este é um programa que fornece apoio aos pais dos alunos hispânicos. Nas reuniões, os pais tomam consciência das expectativas da escola, e são informados sobre assuntos especiais que afetam a vida das famílias, e também sobre possíveis assuntos que poderiam afetar o processo de ensino dos alunos. O objetivo desse programa consiste em oferecer subsídios aos alunos e pais para que eles possam almejar um futuro melhor, inserindo-os na sociedade, de forma justa e digna.

Johnson O'Mally Indian Education

O objetivo desse programa consiste em propiciar uma assistência suplementar que possa vir de encontro às necessidades educacionais especializadas e específicas das crianças indígenas.

Spanish Literacy Program

Nas primeiras e segundas séries do ensino fundamental, este programa fornece um meio dia de instrução em Inglês e meio dia de instrução em Espanhol para os estudantes, cuja primeira língua é o Espanhol. Nas 3ª e 5ª séries do ensino fundamental, este programa propicia uma aula bilíngüe para estudantes cuja primeira língua é o espanhol.

Title I

Trata-se de um programa a nível federal que propicia apoio aos estudantes em aspectos variados, cujo objetivo é fortalecer as habilidades de alfabetização, leitura e cálculo.

Consiste em um programa inovador, que enriquece e complementa os programas desenvolvidos nas aulas pelos professores.

Title IV

Este programa propicia assistência suplementar ao encontro das necessidades acadêmicas e sócio-emocionais de crianças indígenas.

A seguir, apresentam-se algumas considerações e reflexões sobre a entrevista realizada com um professor[30], responsável pela Coordenadoria de Informática dessa escola, que trabalha com uma classe de Jardim da Infância, e também com classes mais avançadas. Serão ressaltados nesta entrevista os aspectos mais importantes, isto é, os aspectos que mais se adequam aos objetivos desta pesquisa.

- **Infra-Estrutura Tecnológica**

Quanto à introdução e disseminação de computadores na sala de aula, a escola de ensino fundamental La Mesa Elementary School, na tentativa continuada de educar estudantes para o século XXI, possuía como objetivo primordial a introdução de um computador em todas as salas de aula durante os anos de 96 e 97. Esse objetivo já foi alcançado. Para complementar as classes com computadores, a escola possui três laboratórios de Informática com três computadores em cada um deles.

Nessa mesma perspectiva, o professor entrevistado da escola de ensino fundamental La Mesa Elementary School, mencionou que a sua escola encontra-se em um processo de instalação de computadores em redes e, por esta razão, não havia desenvolvido ainda uma "home page" da escola, pois neste estágio a escola teria que fazer todo o desenvolvimento da "home page" e enviá-lo para um servidor na APS, e eles então, teriam que colocá-lo em um outro servidor. O aspecto mais trabalhoso constituiria no fato de que toda vez que a escola quisesse atualizar a "home page", teria que repetir todo esse processo novamente. Afirmou que esperaria até este ano (1997) para desenvolver a "home page" da escola, quando conseguisse uma linha própria de 56K que os conectariam com a Internet.

O professor Daniel afirmou ainda que no projeto da elaboração da "home page", envolveria todo o corpo docente da escola, os estudantes, e as demais pessoas da escola, pois dessa forma, cada membro poderia expor suas próprias idéias e visões sobre os fatos importantes da escola, o que se pode confirmar com suas próprias palavras:

> "Nós vamos desenvolver nossa "home page" com todos os professores e membros da escola e tentar fazer disto, uma espécie de projeto interativo, no qual as pessoas possam conversar e torná-lo efetivo, em nossa escola. Este projeto propiciará uma ligação com outras escolas que estão desenvolvendo suas "home pages"." (tradução da pesquisadora).

Observando as palavras acima, pode-se constatar que o interesse e a dinâmica do referido professor, é que impulsionam a introdução da tecnologia em sua escola.

---

[30] Ressalta-se que na descrição e análise dos dados obtidos, nesta entrevista, a pesquisadora ao referir ao professor entrevistado, utilizará um nome fictício, para este, qual seja: Daniel.

Convém notar que eles trabalham com computadores Macintosh, mas ainda utilizam os velhos computadores Apple IIe em várias aulas, pois possuem muitos softwares que rodam nestes computadores.

Nesse sentido, o professor Daniel mencionou que o objetivo da escola consiste em colocar um Macintosh em cada sala de aula, aumentar o número de aparelhos de CD, e dessa forma, criar uma biblioteca de CD-ROMs[31]. A escola possui ainda um clube de computador que funciona depois das aulas. Menciona ainda que seus objetivos foram alcançados, pois conseguiram colocar um computador em cada sala de aula, ligados em rede.

Ainda nessa perspectiva, esse professor, mencionou que a escola possui um sistema informatizado para retirada de livros (electronic check-out system), e além disso, os alunos freqüentam a biblioteca, fazendo pesquisas, utilizando computadores com enciclopédias em CD-ROM, e dessa forma, aprendem como utilizá-las, buscando informações, recortando-as colando-as em seus próprios arquivos. Os alunos trabalham também com "scanners" e com sistema de som a laser em suas pesquisas de sala de aula.

Nesse contexto, o professor pesquisado, em sua entrevista ressaltou a importância da tecnologia na escola, e assim sendo, de acordo com suas palavras:

> "Isto tudo é uma nova fronteira, ninguém escreveu nenhum currículo envolvendo tecnologia. Eu preciso ainda pesquisar como usar esse laboratório com todas as pessoas da escola, como definir responsabilidades, como escrever projetos que possam favorecer cada vez mais o processo ensino/aprendizagem das crianças. Isto é realmente excitante." (tradução da pesquisadora).

Afirmou ainda que todo ano o governo estadual repassa para a escola uma quantia em torno de dezessete mil dólares (este orçamento depende do tamanho da escola), o qual a escola usa conforme suas necessidades. Assim sendo, o capital está sendo utilizado para a compra de computadores, impressoras, "scanners", câmaras digitais e atualização de softwares. Um aspecto importante, do ponto de vista financeiro foi abordado pelo referido professor, que mencionou que outras escolas geralmente levantam fundos na comunidade para a execução de seus projetos. Essa iniciativa origina-se dos pais e da Associação de Pais e Mestres da comunidade, mas estando essa escola em uma comunidade cujos recursos financeiros não são muitos, tal iniciativa não significa muita coisa.

Entretanto, convém ressaltar que apesar das dificuldades encontradas, os professores lutam e não medem esforços para continuarem seus objetivos e projetos. Pode-se inferir, nesse momento, que esta situação, muitas vezes é adversa à realidade brasileira, em que alguns professores não se conscientizam da importância da tecnologia na sala de aula, e muitas vezes, não se interessam em mudar seus métodos de trabalho, optando em darem aulas da maneira tradicional, que estão acostumados.

Um outro problema apontado pelo professor Daniel, refere-se ao fato de que esta escola é uma das maiores em termos de população, e sendo assim, a verba repassada pelo governo, nem sempre é suficiente, pois a escola necessita comprar uma quantidade maior de softwares e equipamentos.

---

[31] CD – Compact Disc (Disco Compacto) e CD-ROMs – Read Only Memories.

- **Reciclagem e Aperfeiçoamento dos Professores**

Esse mesmo professor, mencionou ainda, que, com a instalação de uma linha de 56K, ele próprio irá orientar e treinar os outros professores na utilização do sistema de redes, e sobre a utilização de computadores na sala de aula, através de assessorias e "workshops", nos quais os professores explorarão as diversas maneiras de se utilizar computadores no ensino. Tal tarefa não será muito fácil, segundo ele, devido a problemas de naturezas diversas com os professores. Muitos dos professores desta escola, não se sentem confortáveis em participar desses "workshops". Segundo as próprias palavras do professor entrevistado,

> "Eles não querem gastar muito tempo, além do tempo que eles precisam cumprir na escola. Eles sempre sentem que estão fazendo mais do que eles querem fazer. Eles prefeririam que alguém os treinassem aqui na escola e alguém que eles conhecessem, os treinassem como usar o software e o hardware que nós temos disponíveis na escola. Dessa forma, é mais fácil para eles aprenderem sobre os recursos tecnológicos, e implementarem em suas aulas." (tradução da pesquisadora).

O problema maior, consistia no fato de que a escola, tinha somente um computador em cada classe, assim sendo, os professores sentiam dificuldades em saber como integrá-lo em suas aulas, e ainda, apontavam problemas do tipo: como trabalhar com as crianças em grupos com apenas um computador. Assim sendo, a grande vantagem de a escola possuir, no futuro, um laboratório de Informática, será que o professor entrevistado poderá dar cursos para os demais professores da escola, ensinando-os a integrar os computadores na sala de aula, e ainda ensinar como elaborar um projeto para grupos de crianças trabalharem com computadores, aprendendo a utilizar vários softwares. Porém, a situação ideal mencionada pelo professor pesquisado, dar-se-á quando a escola adquirir o laboratório de Informática e também cada classe possuir um mini-laboratório, com até quatro computadores.

- **Aspectos Metodológicos sobre a Utilização de Computadores**

Nessa perspectiva, perguntou-se ao professor Daniel como ele desenvolve os projetos com os computadores e os utiliza em suas aulas. Mencionou que, geralmente, desenvolve atividades cujo objetivo principal é ajudar as crianças do Jardim da Infância a aprenderem a ligar e desligar os computadores, saírem e entrarem em um determinado programa, ensinar como ligar a impressora, como manipular e imprimir arquivos. Esclareceu ainda que em suas classes de Jardim da Infância, as crianças já estão bem familiarizadas com os computadores, e que em algumas outras classes, este fato não ocorre, pois os professores não se sentem confiantes em trabalhar com tecnologia, em ensinar como utilizar um computador, entre outras noções básicas de computadores. Ele trabalha com grupos pequenos de cinco ou seis crianças, chamados Comitês. Dois desses comitês são dirigidos pelo professor, outro por sua assistente, e no outro, as crianças trabalham de acordo com seus próprios ritmos. Os comitês são projetados para introduzirem vocabulário (Inglês e Espanhol), novas habilidades, novos conceitos sobre a utilização de materiais didáticos, como aprender a explorar um determinado software, entre outros aspectos.

Um outro aspecto metodológico importante sobre a utilização de tecnologia na sala de aula foi abordado pelo professor Daniel, conforme suas próprias palavras:

> "Um outro problema que nós temos, trata-se do fato de que, muitas vezes, nas aulas, os professores ligam os computadores, iniciam os programas e dizem para os alunos: "Quando vocês terminarem o trabalho, eu deixarei vocês brincarem no computador". Esta não é a mensagem que nós queremos dar às nossas crianças. Nós queremos que as crianças comecem a aprender que o computador é uma ferramenta para se usar com diferentes propósitos, e que se pode aprender coisas com ele. Você pode

> trabalhar em produção com o computador. Desse modo, isto é o que faço quando trabalho com pequenos grupos e introduzo um determinado software." (tradução da pesquisadora).

Infere-se por essas palavras, que os próprios professores não se sentem a vontade para explorar as possibilidades metodológicas do trabalho com a tecnologia, visto que, não conseguem trabalhar o processo ensino/aprendizagem de uma maneira integrada com o computador.

Nessa mesma perspectiva, em um primeiro momento da introdução do computador, na sala de aula, o professor leva as crianças pequenas a utilizarem um software chamado: *Mouse Practice*, projetado especialmente para ensinar o usuário como usar o "mouse" do computador. Assim sendo, elas aprendem a lidar com o "mouse", mudando-o de lugar, apontando para algum conteúdo específico da tela e clicando-o, apontando para algum conteúdo específico da tela e arrastando-o. Dessa forma, as crianças familiarizam-se com o "mouse" de uma maneira natural e prazerosa.

Durante esse processo de se introduzir computadores para as crianças pequenas, o professor, em um segundo momento, introduz um novo software para as crianças, no qual elas devem utilizar o "mouse" para alcançarem outros objetivos, por exemplo, aprenderem a jogar um certo jogo no computador usando o "mouse"; a navegarem pelo jogo, caminhando em diferentes salas; a abrirem e fecharem ícones dispostos na tela. O objetivo dessa experiência é oferecer às crianças ambientes educacionais propícios para investigação, nos quais elas possam se tornar cada vez mais familiarizadas com os recursos do computador e, assim sendo, desenvolverem conhecimentos e habilidades que possam ajudá-las a se sentirem cada vez mais confortáveis com os computadores na sala de aula e em sua volta.

Além disso, esses programas também auxiliam na introdução de tópicos pertencentes ao núcleo do currículo do Jardim da Infância, tais como: conhecimentos sobre cores, pinturas, letras, sons das letras, formas, números, iniciação a habilidades matemáticas. Um dos programas computacionais utilizados pelas crianças é o *Kid Pix*, que elas exploram, desenvolvendo projetos de naturezas diversas. A figura abaixo, apresenta as crianças, dessa escola, utilizando esse programa.



Figura 2.18 – Crianças no computador, La Mesa Elementary School

O professor entrevistado menciona que a escola possui ainda um projeto denominado Clube do Computador. Esse projeto funciona depois das aulas, com crianças de 4ª e 5ª séries do ensino fundamental, cujo objetivo consiste em introduzir e ensinar às crianças algumas habilidades superiores (higher level skills). Elas aprendem como usar a Internet; como navegar no WWW; como usar "slide show" e câmara digital; como carregar e manipular fotos, importando-as para outros programas, e, ainda, como obter e utilizar um determinado programa, como um processador de textos.

No projeto com a utilização da câmara digital, o professor desenvolve com as crianças habilidades de fotografia, segundo as palavras do professor Daniel,

> "O que é interessante sobre câmaras digitais é que são ferramentas maravilhosas para o ensino de fotografia por causa de seu aspecto imediato. Você pode sair lá fora e tirar fotografias, voltar e transferir todas as fotos para o computador, e, imediatamente começar a conversar e discutir sobre composição e luminosidade, ou seja conversar sobre os vários aspectos relacionados a boas fotos. Eu posso pensar sobre a cor do fundo, como o "flash" funciona, que cores usar, entre outros aspectos." (tradução da pesquisadora).

Ainda nessa perspectiva, ele afirma que

> "As crianças estão aprendendo produção, elas estão aprendendo como usar isso para alguns de seus trabalhos de casa, elas possuem muitas escolhas, muita liberdade de criação. Nós estamos tentando introduzir alguns softwares de níveis mais elevados. Eu também tento treiná-las na escola, como especialistas. Desse modo, elas se tornam confidentes com as diferentes maneiras de se utilizar o computador." (tradução da pesquisadora).

Importa notar que, nos projetos desenvolvidos nessa escola, os alunos trabalham com diferentes softwares, tais como: *Oregon Trail*, *Amazon Trail*, *Paint*, *Where in the World is Carmen Sandiego?*, *Where in the USA is Carmen Sandiego?*, *SimCity*, *SimHearth*, entre outros.

O referido professor mencionou que seus alunos podem, eventualmente, servir de monitores em classes com dificuldades na utilização de um determinado software, ou mesmo, em utilizar computadores. Nesse sentido, afirmou que os estudantes com esse desempenho, melhoram a auto-estima, tornando-se cada vez mais interessados em tecnologia. Apresentam-se, a seguir, reproduções de fotos dos alunos trabalhando no Clube do Computador.



Figura 2.19 – Crianças no Clube do Computador, La Mesa Elementary School

- **A Tecnologia como um Meio de Integração Social – Projetos**

Na perspectiva de se utilizarem projetos que abordam o emprego da tecnologia na sala de aula, um projeto interessante do ponto de vista social, mencionado pelo professor acima referido, vem se desenvolvendo nesta escola. Esse projeto consta de um programa de intercâmbio multi-cultural de viagens de campo com outra escola, John Bigfellow Elementary School, dessa mesma cidade. Essa escola encontra-se em uma comunidade de classe superior a da escola pesquisada, na qual a população é formada por 90% de anglo-saxões, a maioria loiros de olhos azuis. Como já mencionado anteriormente, La Mesa Elementary School possui cerca de 59.7% hispânicos, 16,8% americanos nativos (índios), 16.8% de anglo-saxões, 4% a 5% de asiáticos, em outras palavras, existe nesta escola, uma grande concentração de alunos pertencentes a uma classe social menos favorecida. Assim sendo, a base deste projeto de intercâmbio consiste em construir "pontes entre as comunidades".

No referido projeto, crianças do Jardim da Infância (pré-alfabetizadas) da La Mesa Elementary School, utilizam uma máquina de fax com o objetivo de compartilhar suas experiências culturais com outras crianças de uma classe social mais favorecida. Dessa forma, comunicam-se com as crianças, enviam fotos, trabalhos e pesquisas impressas no computador, desenhos e pinturas feitas com papel e lápis, entre outras atividades. Apresenta-se, a seguir, reprodução de uma foto das crianças das duas escolas com seus trabalhos, e seus respectivos professores.

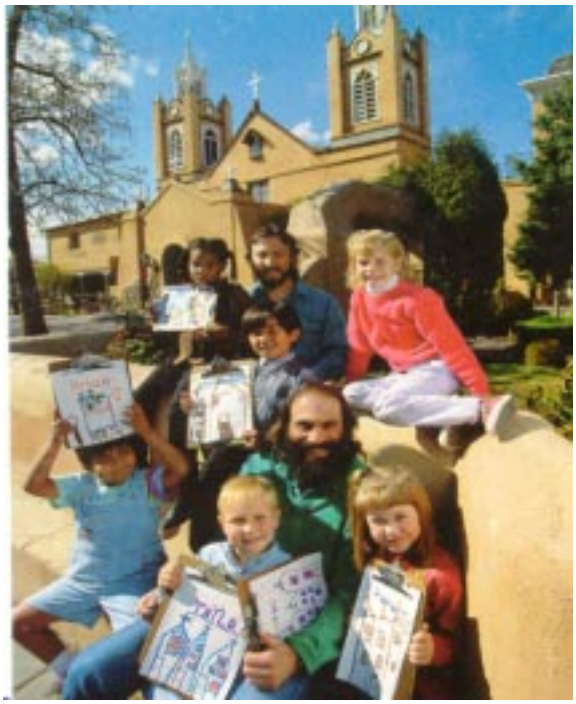


Figura 2.20 – Crianças do Projeto Fax com seus respectivos professores

Como parte das atividades desenvolvidas nesse projeto, as duas classes se visitam periodicamente e, nesta ocasião desenvolvem atividades diversas em conjunto com todo o pessoal da escola visitada, professores, pessoal de apoio, diretor, e os pais dos alunos. Ressalta-se que dessa forma, as crianças aprendem a conviver com pessoas de culturas diferentes, vivenciam costumes e hábitos diversos, começam a **compreender e a entender a**

diversidade cultural como algo valioso e, assim sendo, passam a ter uma nova visão do mundo que os cerca.

Uma outra atividade realizada nessa interação consiste em viagens de campo conjuntas que as duas classes realizam, viagens a museus, zoológicos, jardim botânico e vilas indígenas – pueblos. O objetivo dessas viagens é oferecer às crianças oportunidades de enviar por fax, figuras e palavras para as outras crianças. Nesse sentido, sobre o envolvimento das crianças no projeto, o professor pesquisado, explicita que

> "Nós começamos com tarefas em nossa viagem de campo, por exemplo, "Se você pudesse ser qualquer animal do zoológico, que animal você gostaria de ser? Imediatamente, começam a perceber que crianças de diferentes vizinhanças, enxergam o mundo de diferentes maneiras. Em uma outra tarefa, nós solicitamos aos estudantes que eles desenhem o que eles pensam que viram em um vilarejo indígena (indian pueblo). Dependendo da vizinhança e conhecimento étnico, nossos estudantes desenharão diferentes visões dos vilarejos indígenas. Esses fatos mostram como as crianças tornam-se alertas às similaridades e diferenças entre as pessoas, elas aprendem a apreciar a diversidade cultural como uma valiosa fonte." (grifo e tradução da pesquisadora).

A escolha de um aparelho de fax para este projeto se deu pelo fato de as crianças serem pré-alfabetizadas e, dessa forma, segundo o referido professor, a máquina de fax torna-se uma perfeita ferramenta para crianças de Jardim da Infância, pois nessa idade, as crianças necessitam realimentação imediata e esta tecnologia fornece isso. As crianças naturalmente desejam desenhar coisas que elas observam em seu redor e dividem seus trabalhos com outras crianças. Pressionando apenas um botão enviam seus trabalhos para os outros estudantes ou cientistas em um dos lugares visitados. Conforme suas palavras,

> "Eu acho adequado o uso de uma máquina de fax para as crianças pequenas, pelo seu aspecto imediato, você passa um e-mail, e isso vai para algum lugar que você não sabe o que acontece. As crianças perdem interesse porque isto não é imediato. A máquina de fax, possui também um significado gráfico, as crianças podem desenhar pinturas e enviá-las para os seus amigos." (tradução da pesquisadora).

Ainda sobre esse aspecto, o professor Daniel comenta que, "O que é realmente agradável é que você obtém diferentes perspectivas, porque as crianças da outra escola, da montanha, estão pensando de diferentes maneiras. Esses são os tipos de projetos que nós desenvolvemos em nossa escola." (tradução da pesquisadora).

Nesse mesmo projeto, o referido professor, explicitou que uma outra atividade, desenvolvida nesse projeto, consiste em pedir às crianças de sua escola que descrevam e conversem sobre suas características, cor dos olhos, cabelo, pele. Uma atividade dessa natureza, tem como objetivo mostrar às crianças as diferenças e similaridades entre elas e as crianças da outra escola. Em um segundo momento dessa atividade, solicita-se às crianças os gráficos e desenhos dessas características. De acordo com o professor,

> "Este é um dos caminhos através do qual estamos utilizando tecnologia com as crianças nessa idade. Todas essas crianças são muito boas com máquina de fax. Metade dos adultos dessa escola nunca usou uma máquina de fax. Eles chegam e querem utilizá-la e então perguntam-me como fazer isso, e eu digo não, você pode perguntar para uma das crianças como usar a máquina de fax. E nós temos as crianças do Jardim da Infância dizendo que podem usar essas coisas apenas apertando o botão começar. Essas crianças estão realmente aprendendo um grande negócio sobre como utilizar a tecnologia desta maneira." (grifo e tradução da pesquisadora).

O referido professor assinala que em sua prática pedagógica está sempre procurando e pesquisando diversos softwares apropriados aos níveis das crianças (Jardim da Infância até

5ª série do primeiro grau), que possam auxiliar no desenvolvimento do currículo da escola em diferentes áreas do conhecimento, tais como: Ciência, Matemática, História, Geografia, Artes, entre outras.

- **Sentimentos dos Professores em Relação às Novas Tecnologias**

Sob essa perspectiva, o professor Daniel volta a mencionar que um dos problemas enfrentados nesta escola, a respeito da introdução de tecnologia no ensino, consiste no fato de que os professores, muitas vezes, não estão familiarizados com os diferentes ambientes computacionais e, em geral, não sabem adaptar estes softwares às necessidades dos alunos e tampouco utilizá-los para desenvolver conceitos nas diversas áreas do conhecimento, em outras palavras, os professores não estão preparados para a introdução e disseminação de computadores na sala de aula. Conforme suas próprias palavras,

> "O problema com o distrito é, eles não têm, até recentemente, fornecido treinamento adequado para os professores na utilização de softwares. Então você pode colocar todos os softwares no computador, colocar os computadores nas sala de aula, mas os professores não têm tempo para sentarem, explorarem e aprenderem como utilizar os softwares, ou mesmo lerem a documentação sobre eles. Eles estão na profissão para ensinar, mas para mim os melhores professores são aprendizes. Eu encontro muitos professores que não fazem muita coisa a este respeito. Eles dizem, ok, se você terminar seu trabalho, eu deixo você usar o computador." (grifo e tradução da pesquisadora).

Nesse sentido, menciona ainda que, muitas vezes os professores apresentam um certo receio em usar tecnologia na sala de aula, pois não sabem como utilizá-la e, desse modo, afirma que

> "Existem muitos professores que não estão confortáveis com a tecnologia e que não são aprendizes, então quando eles vêm e perguntam: "O que eu vou fazer quando uma criança vem e me pergunta alguma coisa que eu não sei?". Bem, para mim, esta é a melhor oportunidade de aprender e dizer: "bem, eu não sei, mas vamos juntos pesquisar a resposta". Deve-se ajudar as crianças a buscarem as disponibilidades da tecnologia, então nós podemos aprender juntos. As crianças aprendem muito mais com esse tipo de aprendizagem, isto é através de investigação e busca, do que com aquele ensino que só diz a elas o que, e como fazer. E esta é a beleza e o poder da tecnologia." (tradução da pesquisadora).

Por outro lado, na referida escola, existem alguns professores que se sentem confortáveis em trabalhar com computadores e, dessa forma, estão desenvolvendo vários projetos, em níveis mais elevados, com seus estudantes. Quando esses professores sentem alguma dificuldade procuram o professor Daniel, responsável pela coordenadoria da escola em Informática, e juntos discutem, trabalham no computador, exploram vários softwares, e elaboram projetos. Desse modo, desenvolve-se o trabalho com tecnologia nessa escola.

Um dos objetivos principais dessa escola consiste no fato de que assim que ela estiver ligada em rede, o professor Daniel, pretende dar cursos e treinamentos aos demais professores na utilização da Internet em sala de aula.

Sobre esse aspecto, o Distrito oferece também às diversas escolas "workshops" gratuitos, nos quais os professores com algumas especialidades dão cursos para os outros, abordando temas relacionados à introdução e disseminação de computadores na sala de aula. Dessa forma, oferecem cursos sobre pesquisas na Internet, processadores de textos, uso da câmara digital, utilização do fax na sala de aula, entre outros. Eles acontecem em diversas escolas e os professores formam pequenos grupos. Outros cursos são oferecidos para todo o

pessoal que trabalha nas escolas. Essa modalidade de curso, depende do equipamento que as escolas têm disponíveis, e do lugar no qual estão localizadas.

- **Problemas Sociais na Comunidade Escolar**

Quanto aos problemas sociais que influenciam diretamente os estudantes da comunidade na qual se encontra a La Mesa Elementary School, o professor entrevistado comenta que existem problemas sérios e que a vizinhança da escola é conhecida e chamada na cidade de "zona de guerra". Esta denominação se dá pelo fato de existir uma alta mobilidade entre os moradores, a maioria hispânicos. Menciona também que a outra metade da população, a maioria vinda do México, é mais estável, mora em apartamentos confortáveis, mas quando conseguem juntar certa quantia de dinheiro, adquirindo alguma estabilidade econômica, mudam-se para outro bairro, devido aos vários problemas de violência e drogas existentes nos arredores. Por isso, ele assinala que sua escola possui um grau muito alto de mobilidade de estudantes (120% ao ano).

Todos esses fatos fazem com que as crianças cheguem à escola com um nível de conhecimento considerado abaixo da média, e desta forma, como a maioria advém de famílias simples, de nível sócio-econômico social baixo, a escola necessita muitas vezes realizar um trabalho junto aos pais e a comunidade em geral, sobre a importância da tecnologia no desenvolvimento e na formação de seus alunos. Sob esse aspecto, esse professor cita que, no início das aulas, vai visitar as casas dos seus alunos, apresenta-se, conversa com os pais conscientizando-os sobre a importância da escola na vida de seus filhos, explicando-lhes seus métodos de trabalho e teorias de ensino. O professor ilustra bem alguns aspectos dessa comunidade ao afirmar que

> "Muitas das crianças que hoje chegam à escola, não sabem como escrever seus nomes, não sabem as cores, as habilidades básicas. Quando você vai até as suas casas, você percebe que a televisão fica ligada vinte e quatro horas por dia. Os pais assistem TV, em vez de conversar com as crianças. Eu, realmente sinto que devo dar um suporte emocional para essas crianças e seus pais, orientá-los na educação de seus filhos, mostrar a importância da escola e da tecnologia na vida de seus filhos." (tradução da pesquisadora).

Sobre esses aspectos, observa-se que os professores desta escola, muitas vezes, precisam parar suas aulas para conversar com as crianças sobre suas vidas, seus problemas emocionais e sobre os problemas da comunidade. Dessa forma, conforme as palavras do professor pesquisado,

> "Elas todas querem conversar sobre as suas vidas, o que tem acontecido com elas. Se você, como professor não tem esses sentimentos dentro de você, você não pode focalizar aprendizagem. Muitas dessas crianças chegam à escola com fome, e elas não podem aprender dessa maneira. Então você, como professor precisa aprender a lidar com tudo isso, e não somente focalizar o currículo. Pessoas vêm até você e dizem, "bem, você supostamente ensina as crianças como ler, mas existem outros aspectos que são importantes em suas vidas que ajudam e impulsionam as crianças a aprenderem"." (tradução da pesquisadora).

Diante desse cenário problemático, o professor pesquisado acredita no poder da tecnologia, no sentido de minimizar as diferenças sociais de seus alunos. Desse modo, comparando sua escola com a escola John Bigfellow, parceira em seu projeto de fax, enfatiza que

> "Informação é poder, um quarto de um por cento das crianças desta comunidade possuem computadores em suas casas, enquanto que, na John Bigfellow Elementary School, noventa por cento das crianças possuem computadores em suas casas, assim sendo, possuem mais familiaridade com a tecnologia. Essa tecnologia pode ensinar habilidades importantes para a sua sobrevivência. Tecnologia tem o potencial de ser um equalizador. Proporciona às crianças se comunicarem com outras pessoas, terem o mesmo acesso a informações. Permite ainda desenvolver habilidades de raciocínio, cada vez mais complexas. Todos os níveis de escolaridade aprendem habilidades importantes para se comunicarem e se integrarem na sociedade, então acho que a tecnologia pode propiciar isto. As crianças dessa escola não costumam chegar em casa e estudar ou mesmo pesquisar, assim sendo, é importante que elas façam o máximo possível na escola." (grifo e tradução da pesquisadora).

Nessa mesma abordagem, as crianças crescem e convivem em um meio no qual o computador está presente nos mais diferentes lugares, no trabalho de seus pais, nas caixas de supermercados, nos sistemas bancários, entre outros, são crianças da geração video game, e assim sendo, lidam com tecnologia de uma forma natural e prazerosa. Nesse sentido, ao ressaltar a importância da tecnologia na vida de seus alunos, o professor entrevistado declara:

> "Eu penso que tecnologia é extremamente importante para as nossas crianças. Como já comentei, o processo de introdução da tecnologia nessa comunidade, tem sido um processo vagaroso, pois as crianças não podem ir para casa e praticar, mas agora que nós temos computadores e que estamos ligados na Internet, começaremos a desenvolver os projetos. As crianças adoram o computador, elas têm sido muito criativas quando trabalham no computador, pois estão aprendendo várias coisas de acordo com seu ritmo próprio, de acordo com seus próprios estilos de aprendizagem e do tipo de pessoa que elas são. Encontram novas maneiras de combinar as diferentes informações. Quando estou ensinando sobre um determinado programa, ensino as noções básicas e as crianças descobrem, por buscas e investigação os outros aspectos importantes desse ambiente computacional, e então mostram os resultados para os seus colegas. Quando elas compartilham seus trabalhos, estão ganhando auto-estima, e disto todas as crianças precisam muito. Elas não obtém auto-estima de suas famílias, então podem obter isto aqui na escola." (grifo e tradução da pesquisadora).

- **Sentimento dos Pais a respeito da Tecnologia**

Perguntou-se ao professor, se os pais dos alunos, apoiam o trabalho da introdução e disseminação da tecnologia na sala de aula. Nesse sentido, o professor pesquisado assinala que, como comentado anteriormente, os pais não só colaboram, mas participam motivados pelos programas realizados pela escola, presenciam o que seus filhos fazem nas aulas, dando todo o apoio necessário para que os professores realizem seus objetivos.

Nessa perspectiva, utilizando suas palavra, observa que

> "Eu também utilizo a tecnologia de muitas maneiras diferentes, e espero envolver cada vez mais, outros professores com a tecnologia. Por exemplo, faço gravações dos meus alunos, e depois elaboro um breve resumo de seus desempenhos. Em encontros de pais na escola, mostro aos pais o que eu escrevi a respeito de seus filhos. Quando as crianças trabalham em Artes, eu faço um "show" de "slides" de seus trabalhos, e também apresento-os aos pais, e dessa forma, eles podem ter uma idéia do desenvolvimento de seus filhos na escola. No futuro eu gostaria de envolver os pais no laboratório de informática, desenvolver projetos juntos, e assim sendo, eles poderiam perceber as potencialidades da tecnologia." (tradução da pesquisadora).

2.3.3.1.2) Albuquerque High School

Albuquerque High School constitui-se em uma das maiores escolas de segundo grau (colegial) de Albuquerque, com cerca de dois mil e quinhentos alunos. Possui seiscentos computadores instalados, sendo que quatrocentos, estão ligados na Internet. Possui ainda um anfiteatro com recursos para ensino à distância, utilizado para teleconferências, como por

exemplo, com os pesquisadores do Laboratório de Los Álamos, e com uma escola francesa de mesmo nível. A Albuquerque High School e o Sandia Laboratory (laboratório instalado em Albuquerque e mantido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos), estão interconectados por uma linha de transmissão de dados de alta velocidade (linha T2[32]). Pelo acordo entre as duas instituições, é possível aos alunos da escola utilizarem recursos de computação disponíveis no laboratório (supercomputadores).

A seguir, apresentam-se algumas considerações e reflexões sobre a entrevista[33] realizada com um dos professores desta escola, responsável pelo laboratório de Informática.

- **Aspectos Sócio-econômico-culturais dos Alunos**

Nesta entrevista, ao delinear o perfil sócio-econômico dos alunos, o professor observa que a população de sua escola é muito pobre, muito fragmentada, muitos dos alunos pertencem a famílias de pais separados, uma situação típica de "inner city" (bairro central de classe desfavorecida economicamente). Esclarece ainda que as crianças que freqüentam esta escola, são as mesmas que, às vezes aparecem nas notícias do jornal diário, envolvidas em transgressão às leis. Por outro lado, afirma que, em sua escola, há também crianças cujos pais são professores na Universidade. Portanto, há uma grande diversidade de alunos. Observa ainda que, segundo sua estimativa, somente 10% dos alunos possuem computador em casa.

Menciona que um de seus objetivos consiste no reaproveitamento de computadores fora de uso na escola, pretendendo consertá-los e tornar possível que alguns alunos os utilizem em suas casas. Ressalta porém, que eles não possuem mão de obra para consertá-los, mas que estão trabalhando, procurando alcançar esse objetivo, e espera que talvez algum dia ele seja atingido.

- **Projetos Desenvolvidos**

O referido professor teceu comentários sobre um projeto de trabalho cooperativo relacionado com esforços desenvolvidos na integração da tecnologia nas disciplinas curriculares das séries, que vão desde o pré-primário à ultima série do colegial (K to 12). Este projeto envolve treze escolas da vizinhança da Albuquerque High School, compreendendo, além dessa escola, duas Middle Schools (6ª a 8ª série) e dez Elementary Schools (pré-primário a 5ª séries). Essas escolas apresentam características sócio-econômicas idênticas, perfazendo um total de aproximadamente 9.000 alunos. Estruturalmente, os alunos egressos das "Elementary Schools" ingressam nas duas "Middle Schools", as quais, por sua vez fornecem os alunos para a "High School".

O objetivo desse projeto, consiste em oferecer à comunidade e aos educadores desafios para a melhoria das aptidões literárias dos alunos em suas conquistas escolares, através do ensino baseado em computador. Nesse sentido, as escolas, referidas acima, integraram-se na busca de um esforço contínuo na utilização e disseminação da tecnologia na sala de aula.

---

[32] Uma linha T2 apresenta uma capacidade de transmissão de dados a 6,176 Mbps.

[33] Ressalta-se que para referir-se a este professor, no decorrer desta entrevista, será utilizado Professor Hud.

Com o intuito de justificar esse projeto, o professor Hud, referiu-se a um documento, elaborado pelas escolas participantes, que trata sobre a importância da introdução e disseminação da tecnologia, na vida de seus alunos. Reproduz-se abaixo, um trecho desse documento, com o objetivo de ilustrar esse fato.

> "Habilidades literárias (Literacy[34]) têm sido a porta de entrada na sociedade americana, claramente, dividindo os que a possuem daqueles que não a possuem. Inovações tecnológicas redefiniram competências literárias essenciais para o Século XXI, ampliando o foco tradicional no domínio da interpretação linear de texto, para abranger a habilidade de entender e de criar representações das informações, em diversos estilos ou formatos. Hipermídia mudou o horizonte de publicação e comunicação em nossa sociedade, criando novas habilidades de autoria, para comunicação interativa. O termo "literacy gap", tem sido utilizado em pesquisa educacional para descrever a diferença da prontidão e da destreza em crianças de escolas de primeiro grau, no aprendizado da leitura, da escrita e de operações com cálculos, contrastando os alunos de classes economicamente favorecidas, com aqueles de famílias de recursos econômicos limitados, e diferentes raízes multi-culturais. Historicamente, as escolas não têm tido competência para eliminar a "literacy gap", assim, o termo de fato, define uma estratificação social no contexto americano. O impacto da tecnologia, em nossas escolas pode diminuir de forma significativa o "literacy gap", ou aumentar a distância entre os que possuem e aqueles que não possuem o domínio da "literacy gap". Falhas no oferecimento de efetiva instrução baseada na tecnologia à nossa população estudantil e acesso a ferramentas tecnológicas dificultarão, severamente, seus esforços para tornarem essa população produtiva e participativa, na sociedade americana." (Albuquerque High School, 1996. p.6) (tradução da pesquisadora).

De acordo com o professor entrevistado, o sucesso desse plano levou o Sistema de Escolas Públicas de Albuquerque a incentivar outras escolas a desenvolverem projetos semelhantes.

- **Aspectos Teóricos sobre a Utilização de Computadores**

O professor Hud salienta que os alunos dessa escola, desenvolvem, com a utilização de computadores, conceitos em diversos domínios do conhecimento, tais como em Línguas e em Matemática. Em Matemática, por exemplo, ele comenta que naquele momento há uma professora trabalhando com seus alunos no laboratório ao lado, desenvolvendo programação em linguagem computacional Basic, com o objetivo de ensinar equações. Há outros professores que utilizam um programa chamado Plotter Plus para que os alunos, utilizando equações, possam desenhar e projetar as formas de sólidos e estudar seus comportamentos.

Questionou-se ao professor Hud como se desenvolve o trabalho com os computadores, na escola; como é que os alunos estão aprendendo a gerenciar o computador; se eles estão aprendendo juntamente com a matéria que está sendo desenvolvida pelo professor, ou se eles estão aprendendo a utilizar os recursos do computador, desvinculados de qualquer tema curricular. Nesse sentido, o professor explicita que os alunos aprendem a trabalhar com os computadores ao mesmo tempo em que aprendem noções e conceitos sobre as diversas áreas do conhecimento.

Nessa mesma perspectiva, esclarece que, como sua escola trabalha de forma integrada, de acordo com o projeto acima mencionado, desde o pré-primário até o colegial, os alunos já sabem utilizar computadores, isto é, sabem como ligá-lo, como gerenciá-lo, e como acessar os programas de que necessitam. Observa que até alguns anos atrás, os professores ensinavam a seus alunos como ligar, como abrir um determinado processador de texto, como

---

[34] O termo Literacy, traduzido para a Língua portuguêsa, significa: o ato de saber ler e escrever, ou seja, uma pessoa alfabetizada.

abrir o Netscape, como salvar um arquivo, e outros aspectos básicos do trabalho com o computador, porém, nos últimos dois anos, os alunos tornaram-se muito hábeis e sofisticados no manuseio do computador, e, assim sendo, os professores utilizam os computadores como um recurso valioso no processo ensino/aprendizagem, com a mesma naturalidade que se utiliza lápis e papel.

Na concepção do professor Hud o computador ajuda a manter o interesse do aluno, pois o computador é muito mais interessante, mais divertido do que usar lápis e papel. O aluno não precisa se preocupar com a ortografia das palavras, nem com uma letra feia ou ruim. Pode concentrar-se no conteúdo de seu texto. Assim, conforme suas palavras:

> "Sob o ponto de vista do ensino é muito mais eficiente porque o computador excita o aluno e o capacita a escrever. Alguns professores usam a lousa e escrevem: conjugue um verbo, escreva sobre algum assunto, mas se estiverem usando o computador e projetando na parede o mesmo assunto, o aluno se sentiria mais motivado em aprender sobre aquele assunto." (tradução da pesquisadora).

Enfatiza ainda que existem alunos cegos na Albuquerque High School, e eles usam o computador para superar esta deficiência. Eles usam um programa especial que lê o conteúdo a ser estudado, e um outro programa que transforma esse conteúdo em Braille, na impressão. Trata-se, pois de uma outra ferramenta importante.

- **Logo**

Nessa entrevista, questionou-se ao Professor Hud, se os alunos de sua escola, trabalham com Logo. Respondeu que os alunos não trabalham, de forma regular, que Logo tem sido utilizado, regularmente, no ensino médio (6ª a 8ª série). Comenta ainda que antes de lecionar na High School (colegial), foi professor no ensino médio e utilizou Logo com seus alunos na exploração e no desenvolvimento de diversos conceitos. Em sua concepção, a utilização do Logo, nas escolas é um pouco "complicada", pois os professores gostam de usá-lo, mas os alunos não querem trabalhar com Logo, considerando a Geometria da Tartaruga complicada. Em geral, os alunos não querem pensar ao resolver uma determinada situação-problema, não querem envolver-se em um processo de elaboração de estratégias e busca de soluções para os problemas propostos.

Ainda sob esse aspecto, o ponto chave é que, "os alunos não gostam de pensar". Todavia, segundo o referido professor, quando os alunos novos chegam à escola, sempre se pode encontrar alguns que gostam muito de envolver-se em projetos que desenvolvam o raciocínio e a habilidade de resolução de problemas. Dessa forma, acha necessário que a escola ofereça oportunidades para que esses alunos se desenvolvam, e acredita que Logo se adapte a esse propósito, em outras palavras, o trabalho com Logo consiste em uma das maneiras de identificar esses alunos. Ele enfatiza que a escola possui uma classe na qual os alunos utilizam o computador para acessar o "craze" (aquilo que eles gostam) e os supercomputadores, no Laboratório Sandia, para elaborarem projetos de naturezas diversas, basicamente para trabalhar com resolução de problemas. Assim sendo, conforme suas palavras, "Logo é um tipo de nível de admissão dos alunos. Se eles gostam de trabalhar com Logo, e se sobressaem, então a escola os promove para um nível mais alto".

- **Internet**

A Internet é utilizada nessa escola para a pesquisa e para o ensino. No âmbito do ensino, os professores utilizam a Internet no desenvolvimento de suas aulas, como por exemplo, no ensino de Francês, pois os alunos dessa escola correspondem-se com alunos de uma escola na França, através de "e-mails", elaborando projetos com objetivos comuns.

O professor Hud, esclarece ainda que nessa escola, os alunos utilizam a Internet em suas tarefas e projetos, incluindo materiais coletados, como fonte de artigos de pesquisa. Os professores estão aceitando que os alunos utilizem arte gráfica e outros materiais de apoio em seus projetos. Cita, como exemplo que, os alunos, ao elaborarem um projeto sobre Shakespeare, podem fazê-lo como um projeto multimídia. Os professores aceitam que os alunos utilizem, de forma integrada, programas de multimídia, páginas na Web, e outros recursos disponíveis, ou seja, os alunos estão acessando a Rede como se fosse uma biblioteca bem mais abrangente do que a biblioteca tradicional. Esse fato demonstra que os alunos estão começando a perceber as potencialidades da Rede.

- **Softwares Utilizados na Sala de Aula**

O professor entrevistado, enfatiza ainda que no desenvolvimento dos vários tópicos do currículo, os alunos utilizam *Claris Works*, que consiste em um programa computacional composto por um processador de texto, banco de dados, planilha eletrônica e um software de comunicação que possibilita acessar a Internet. A razão pela qual os professores dessa escola usam *Claris Works* é que esse programa funciona em computadores IBM e Macintosh e, dessa forma, torna-se possível a troca de arquivos de um computador para o outro.

Um outro programa utilizado nesta escola é o *HyperStudio*, um ambiente computacional que possibilita ao usuário realizar produção. O professor informa que na escola há uma professora de língua inglesa que utiliza *HyperStudio*. Os alunos trabalham o conteúdo de um romance, por exemplo e transformam-no em uma apresentação com todos os personagens do romance, usando esse programa. Um outro projeto nessa mesma abordagem, desenvolvido por esses mesmos alunos, trata-se do Holocausto. Os alunos fazem uma apresentação sobre dados e informações coletadas na Internet, CD-ROMs e livros da biblioteca que tratam sobre o Holocausto. Eles colocam todos esses dados juntos e elaboram uma apresentação utilizando o *HyperStudio*. Nessa mesma perspectiva, outros professores usam a parte de "slides" do *Claris Works*, para fazer a mesma coisa.

Um outro recurso muito utilizado pelos professores dessa escola consiste no *Adobe Premier*, um software que possibilita a confecção de vídeos. Pode-se criar e editar vídeos com o *Adobe Premier*. A professora de teatro dessa escola, possui alguns computadores no teatro com este programa instalado e, geralmente, utiliza-o com seus alunos na edição de vídeos.

Na referida escola, os professores utilizam alguns programas tutoriais para Ciências, e alguns para habilidade de estudos sobre carreira, profissões, como por exemplo o *Choices*, que consiste em um programa tutorial que auxilia os estudantes na escolha de suas profissões.

Nessa interação, questionou-se ao professor entrevistado se os professores dessa escola, selecionam os softwares que utilizam, ou se essa incumbência cabe à escola. Nesse sentido, respondeu que ele próprio juntamente com uma comissão de professores selecionam

os softwares que serão utilizados por eles no desenvolvimento de suas aulas. Esclarece ainda que essa comissão trabalha para obter licença de "sites", licença de todos os softwares da escola e, dessa forma, colocam estes em todos os computadores, mas que às vezes, esse trabalho torna-se muito dispendioso.

A Albuquerque High School, conseguiu financiamento do Governo do Estado. Durante os últimos quatro anos, eles receberam quase um milhão de dólares. Este subsídio do governo destinava-se à introdução de tecnologia na escola e à treinamento de professores na utilização de computadores.

O professor Hud afirma existir um tipo de programa computacional que os professores usam muito para os alunos de nível muito baixo, que não são capazes de aprender, crianças com um coeficiente de inteligência (QI) baixo, não apresentando nenhuma deficiência física.

Esclarece ainda que esses alunos são integrados nas classes regulares. Normalmente, eles teriam ido para uma outra escola na qual as pessoas cuidariam especialmente deles, mas vão para AHS (Albuquerque High School) por decisão dos pais. Afirma que tem sido um sucesso fazer com que esses alunos visualizem graficamente o pensamento deles, através do programa computacional acima mencionado.

Ainda com relação à utilização de softwares, na sala de aula, o professor entrevistado observa que para trabalhar na Internet, os alunos utilizam telnet e *Netscape*, pois são de uso gratuito. A escola possui uma licença de "site" para o *Scholastic Super Print*, um programa gráfico, que os alunos usam muito para fazer cartões. Esse programa é mais sofisticado que o *Kid Pix*, parecido com o *Power Plus*, programa utilizado para projetar gráficos.

Ressalta ainda que, nas aulas de Matemática, os alunos utilizam o *Geometer's Supposer* e o *Geometer's Sketchpad*, no desenvolvimento de resolução de problemas em Geometria.

Um dos programas mais utilizados pelos professores de Matemática é o *Spreadsheet* (Planilha Eletrônica), que faz parte do *Claris Works*, com o objetivo de desenvolver equações e álgebra. Há professores dessa escola que usam o software *Mathematica*, no ensino de Cálculo.

Existem ainda softwares utilizados no ensino de Línguas, como *Microsoft Word*. A escola possui um centro de escrita bilíngüe. Há uma grande população de língua espanhola e os softwares estão em Inglês e em espanhol. Assim, os alunos podem explorar e resolver os problemas de língua.

O professor Hud, afirma ainda que essa escola possui muitos alunos originários de classes sociais menos favorecidas, como mencionado anteriormente, e portanto, a tecnologia tem sido utilizada com o objetivo de motivar e envolver esses alunos em novos valores e crenças.

Cita um exemplo de um professor de Literatura que solicitou a seus alunos o desenvolvimento de projetos relacionados a poesias e romances. Os alunos utilizaram os computadores da escola para escrever as poesias, arranjar melhor as palavras, fotografar algo e adicioná-lo no poema, em outras palavras, os alunos se envolveram em um processo de criação própria e, assim sendo, sentiram-se muito motivados e entusiasmados por serem

capazes de fazer algo significativo. O tema das poesias relacionam-se com seus conhecimentos sobre a vida – a vida de gangues. Dessa forma, eles estavam pensando e criando projetos e contextos que possuíam um valor especial para eles e, assim, gostavam de freqüentar a escola. O professor de Literatura não precisava brigar com eles e forçá-los a trabalhar com tecnologia, eles simplesmente iam à escola e realizavam seus trabalhos.

- **Reciclagem e Aperfeiçoamento de Professores**

Sobre esse aspecto, o professor assinala que o distrito fornece cursos gratuitos de reciclagem e aperfeiçoamento, durante o recesso de verão, para os professores na utilização de tecnologia em sala de aula. O interesse dos professores em participar desses cursos, tem aumentado, com o passar dos anos. A Albuquerque High School também promove esses cursos, os quais ocorrem após as aulas e aos sábados. Os professores que dominam alguns softwares, servem de tutores para os outros, e recebem uma recompensa financeira por esse trabalho.

- **Sentimentos dos Pais**

Nessa entrevista, questionou-se ao professor Hud se os pais dos alunos dessa escola, apoiavam a iniciativa do trabalho com computadores. Respondeu que, no que se refere à tecnologia existem vários tipos de reação dos pais. Aqueles que utilizam o computador em casa, e o acham maravilhoso. Aqueles que estão com um pouco com medo do que estão fazendo, e questionam: "Como é isto? Por favor, me explique, e as fotos pornográficas? Pode-se parar isto? É possível barrar as coisas ruins no computador? Eu não quero que minha filha leia isto". O Professor Hud, diz que esses pais estão muito preocupados, com o que pode acontecer com seus filhos. Há uma porcentagem muito pequena que detesta o computador. Eles acham que é muito dinheiro, que as crianças não precisam disto, são contra computadores.

Esses diferentes pontos de vista relacionam-se, de certo modo, com as condições sociais dos pais. Há pais que são muito pobres, com pouca instrução e há pais que são muito bem instruídos, ricos e que detestam computador – é uma perda de energia. As razões variam, diz o referido professor, mas o efeito é o mesmo. Há pais que são pobres, não têm nem telefone, nem televisão e estão felizes pelo fato de seus filhos estarem aprendendo trabalhar com computadores, pois acreditam que isto vai propiciar a seus filhos uma vida melhor. Há pais que são extremamente ricos e questionam: "como é que pode não ter isto ou aquilo, por que isto não está aqui, etc.?" E há aqueles que ajudam a escola a conseguir as coisas. Um pai que trabalha no Laboratório Sandia, doou vinte e sete cópias do *Microsoft Office*. Ele apóia muito o que a escola faz, em termos de Tecnologia. O professor conclui que tem recebido apoio e incentivo dos pais dos alunos.

Ressalta-se que nas escolas a seguir, a entrevista com os professores processou-se através da Internet, por se tratar de uma forma mais conveniente de contatar os professores envolvidos. Dessa forma, enfatizam-se os aspectos mais importantes dessa interação.

2.3.3.1.3) Inez Science and Tecnology Magnet School

Inez Science and Tecnology Magnet School é uma escola de ensino fundamental que abrange do pré-primário até a 5ª série do Ensino Fundamental, com quatrocentos alunos. Localiza-se em uma região na qual há predominância de pessoas de meia idade, não havendo

muitas crianças, por esse motivo, a escola quase fechou. Para não fechar, tornou-se Magnetic School – escola que atrai crianças de diversas regiões de Albuquerque. Por isso, aceita inscrições de alunos de qualquer parte de Albuquerque. Os estudantes da comunidade vizinha à escola, não passam pelo processo de inscrição para se matricularem. O currículo enfatiza educação em Matemática, Ciências e Computação, além do currículo básico requerido para todas as escolas públicas, mas não oferece ônibus para os alunos. Essa escola, para atrair crianças, investiu em tecnologia.

A seguir, apresentam-se algumas considerações e reflexões sobre a entrevista realizada com uma das professoras[35], desta escola, responsável pelo laboratório de Informática e gerente da rede de computadores da escola.

- **Infra-Estrutura Tecnológica**

Na referida escola, os computadores foram introduzidos há mais de dez anos, sendo que, no verão de 1996, a escola passou a estar conectada à rede pertencente ao Sistema de escolas Públicas de Albuquerque (APS).

De acordo com a referida professora, a escola possui quarenta computadores Macintosh, todos conectados na rede da APS, através de uma linha T1 (velocidade de transmissão de dados de aproximadamente de 1,5 Megabites por segundo). Possui ainda quatro linhas telefônicas que ficam a disposição dos professores e dos alunos para acessarem a Internet, de suas casas. A escola possui uma home page, no sistema do distrito da APS, no seguinte endereço eletrônico: http://www.aps.edu/aps/Inez/Inez.html. Apresenta-se abaixo a "home page" da referida escola.



Figura 2.21 – "Home page" da Inez Science and Tecnology Magnet School

[35] Ressalta-se que esta professora, no decorrer da entrevista, quando necessário, será referida por professora Tini.

- **A Internet e a Sala de Aula**

A professora Tini, comenta que os computadores são utilizados em aulas de linguagem e escrita, Matemática, Ciências e Estudos Sociais. A Internet é utilizada para acessar informações e para participação em projetos interativos. Como exemplo da utilização da Internet, a referida professora cita que um aluno da 2ª série do ensino fundamental trocou mensagens, em forma de "e-mail", com um cientista na Antártica, para obter informações a respeito do tempo nesta região.

Nessa mesma abordagem, um outro exemplo mencionado pela professora entrevistada, relaciona-se a um projeto denominado Projeto Marte. No referido projeto, um aluno da 5ª série do ensino fundamental, juntamente com outros alunos de diferentes partes dos Estados Unidos coletam informações com o objetivo de desenvolverem um projeto baseado em uma estação espacial a qual pode manter vivo um ser humano em Marte.

Ainda sobre a importância de se utilizarem computadores e a Internet, na sala de aula, a professora Tini, aborda mais um exemplo que se refere a um projeto da Matemática, relacionado com investimento, no qual o aluno obteve dados e outras informações a respeito do mercado de ações. Cita ainda que várias classes visitaram a "home page" da Casa Branca[36], e deixaram mensagens para o Presidente.

- **Softwares Utilizados na Sala de Aula**

A professora entrevistada, menciona que vários tipos de softwares são utilizados nesta escola, incluindo processador de texto, processador gráfico, ferramentas de buscas na Internet, softwares de autoria em html[37]. Alunos da pré-escola até a 3ª série estão utilizando *Wiggleworks*, um software interativo de leitura e escrita. Nesse ambiente, as crianças podem ler ou ouvir estórias, ou ainda, escolher uma outra opção que consiste em lê-las com o computador pronunciando as palavras por elas acionadas. Existe também a opção do computador soletrar as palavras desejadas.

Comenta ainda que, em sua escola, existem também mini-câmaras digitais acopladas aos computadores e um "scanner" que os alunos podem utilizar para ilustrarem seus trabalhos e pesquisas. Informa ainda que os alunos das 4ª e 5ª série estão trabalhando com hipertexto, usando para tal *Web Weaver* e *HyperSudio*.

- **Reciclagem e Aperfeiçoamento de Professores**

A referida escola propicia cursos de reciclagem e aperfeiçoamento para os seus professores, em Informática, uma vez por mês. O modelo utilizado nesses treinamentos é semelhante a "uma árvore telefônica", isto é, seis professores dessa escola, aprendem a utilizar um determinado software**,** servindo de tutores para outros colegas no ensino desse ambiente computacional, que por sua vez, treinam outros colegas. Esse processo termina quando todos estiverem conscientes das características e potencialidade desse ambiente.

---

[36] Nesse contexto, Casa Branca refere-se à sede oficial do governo dos Estados Unidos.

[37] HTML: HyperText Makup Language – linguagem utilizada para criar documentos para a World-Wide Web.

A professora Tini, enfatiza que o laboratório de computação dessa escola fica disponível, uma tarde por semana, aos professores para treinamentos. Nesse período, os professores que estão mais familiarizados com a Informática, auxiliam os outros professores na manipulação dos dados e na compreensão dos vários ambientes computacionais.

Ainda sobre essa perspectiva, o Distrito da APS, fornece cursos contínuos e gratuitos em vários tópicos sobre a utilização de computadores na Educação. Esses cursos possuem duração de três horas e são oferecidos após a jornada de trabalho.

- **Motivação dos Alunos**

Segundo a professora entrevistada, os estudantes desta escola sentem-se mais motivados e interessados após trabalharem com computadores. Esse interesse restringe-se aos tópicos mais trabalhados no laboratório de Informática, por outro lado, os estudantes não estão motivados para trabalhar profundamente, em outras tarefas, tais como: trabalharem na edição de artigos escritos extra-classe, raciocinarem em resolução de problemas, ou na análise de informações que eles obtêm através do computador. Os estudantes apresentam um alto grau de dependência da liderança e da orientação dos professores para refletirem e desenvolverem tarefas no computador.

- **Apoio e Reconhecimento dos Pais**

Nessa entrevista discutiu-se sobre o posicionamento dos pais a respeito da introdução de novas tecnologias na sala de aula, assim sendo, de acordo com a professora Tini, os pais têm apoiado o trabalho que vem sendo desenvolvido na escola, no processo de integração das novas tecnologias no ensino, desde que a ênfase seja enfatizar habilidades básicas, isto é, conforme as palavras da professora, "computadores são bem vindos, porém devem ser utilizados em adição ou para complementar os recursos tradicionais já existentes no ensino".

Nessa mesma perspectiva, comenta que muitos pais sentem-se orgulhosos das habilidades computacionais de seus filhos. Alguns deles, mostram-se contentes pelo uso freqüente do computador na escola, uma vez que eles não podem ter computadores em suas próprias casas, e, além disso, consideram o conhecimento tecnológico importante para o sucesso futuro de seus filhos.

Ressalta ainda que o apoio e o esforço dos pais tem sido importantes, no sentido da escola obter verbas e recursos adicionais, através de doações e bolsas de estudo, viabilizando a aquisição de novos softwares e equipamentos.

2.3.3.1.4) Grant Middle School

Ressalta-se que nessa pesquisa, a professora entrevistada acima, forneceu dados sobre a introdução e disseminação de computadores na sala de aula, tanto na escola acima mencionada, Inez Science and Tecnology Magnet School, quanto na Grant Middle School, uma vez que ela trabalha nas duas escolas.

Na presente interação, a professora Tini, ressalta que nessa escola, a ênfase na tecnologia é dada na utilização da mídia televisiva, como um recurso valioso que os professores usam em suas aulas, e, além disso, como uma fonte poderosa de recursos para os estudantes no processo de produção de vídeos educacionais, relacionados a vários domínios

do conhecimento. O material produzido pelos estudantes, é vinculado nas classes, através de um circuito interno de televisão.

Além de trabalhos com vídeos, a referida professora mencionou que esta escola, também possui um laboratório de informática, com vinte e quatro computadores, no qual os estudantes trabalham com os computadores no desenvolvimento de projetos relacionados a várias áreas do ensino. O acesso à Internet, se dá através de uma linha telefônica dedicada[38]. A professora Tini mencionou ainda que uma rede interna de computadores estava sendo implementada, através da qual as quarenta salas de aulas, estariam ligadas entre si, e com acesso à Internet.

Apresenta-se abaixo a "home page" da Grant Middle School pode ser acessada através do seguinte endereço: http://www.angelfire.com/nm/grantms/index.html.



Figura 2.22 – "Home page" da Grant Middle School

- **Softwares utilizados**

A referida professora esclarece que, nessa escola, os estudantes estão utilizando vários softwares, tais como, processadores de texto, planilhas eletrônicas e banco de dados. Para a produção de vídeos, os estudantes utilizam programas de animação em três dimensões.

- **Reciclagem e Aperfeiçoamento dos Professores**

Na referida escola, os professores fazem cursos de aperfeiçoamento e reciclagem, sendo assistidos pelo coordenador do laboratório de informática, o qual trabalha com os demais professores com técnicas e conhecimentos a respeito dos diversos ambientes computacionais a serem utilizados pelos alunos em suas aulas.

[38] Linha telefônica dedicada é uma linha utilizada exclusivamente com a função de conectar um computador a um outro computador, que funciona como um servidor.

A professora entrevistada, comenta que quanto aos aspectos, **Motivação dos Alunos** e **Apoio e Reconhecimento dos Pais,** em sua concepção**,** as considerações feitas para a Inez Science and Tecnology Magnet School, são as idênticas às da Grant Middle School.

2.3.4) Entrevistas com professores da UNM

Em um outro momento desta pesquisa, realizaram-se entrevistas com professores da Universidade do Novo México, que trabalham com Tecnologia e Educação em diferentes áreas. Foram entrevistadas as seguintes professoras[39]: Dra. Liz, Dra. Pia, Dra. Nadir, Dra. Alice, e Dra. Jill. Foram abordadas as seguintes questões, abaixo apresentadas.

1-) I would like to know about your experiences in Technology and Education.

Eu gostaria de saber sobre suas experiências em Tecnologia e Educação.

2-) In your opinion, which is the "state of the art" in Technology and Education?

Em sua opinião, qual é o "estado da arte" em Tecnologia e Educação?

3-) In your point of view, why the computer is a important and necessary tool for teachers and students?

Em seu ponto de vista, por que o computador é uma ferramenta importante e necessária para professores e estudantes?

4-) What do you think about the Internet? Do the students learn from the Internet?

O que você pensa sobre a Internet? Os estudantes aprendem a partir da Internet?

5-) In your point of view, which are the new trends for Technology And Education?

Em seu ponto de vista, quais são as novas tendências para a Tecnologia e Educação?

6-) Do you have some examples about the use of computers in Education?

Você possui alguns exemplos sobre o uso de computadores na Educação?

7-) Which pieces of software do you recommend in Technology and Education classroom? And about Logo?

Quais tipos de softwares você recomenda na sala de aula de Tecnologia e Educação? E sobre Logo?

8-) How can the computers help in the teaching/learning process and in the process of construction of knowledge?

Como os computadores podem ajudar no processo ensino/aprendizagem e no processo de construção do conhecimento?

---

[39] Ressalta-se que para referir-se aos professores entrevistados, utilizaram-se, nesta pesquisa, nomes fictícios.

2.3.4.1) Descrição da Análise e Reflexões sobre os Dados Obtidos

2.3.4.1.1) Profa. Dra. Liz

Liz é uma professora da Universidade do Novo México (New Mexico University) e aborda temas relacionados com a tecnologia na Educação, trabalha ainda com cursos de formação de professores. Nesta entrevista esclareceu aspectos relacionados a alguns fundamentos teórico-metodológicos sobre a introdução e disseminação de computadores na Educação. Leciona a disciplina: *Introduction to Microcomputers in School*.

O curso de formação de professores que a referida professora oferece na universidade possui três modalidades diferentes. Uma seção denominada Educação Elementar (Elementary Education), que é oferecida aos futuros professores que irão trabalhar com educação infantil. O objetivo do curso consiste em propiciar experiências e atividades para que os futuros professores compreendam como integrar as novas tecnologias na sala de aula. Uma segunda modalidade deste curso refere-se a uma seção denominada Artes/Estudos Sociais – Língua Secundária (Secondary Language – Arts/Social Studies), direcionada também para aqueles que serão professores do curso colegial (High School). O objetivo do curso consiste em mostrar aos alunos como os computadores podem ser utilizados para eles fazerem pesquisas, elaborarem projetos envolvendo produção e ainda desenvolverem projetos interdisciplinares. A terceira modalidade do curso da referida professora refere-se à seção de Matemática e Ciências (Math/Science), direcionada aos futuros professores que irão atuar também no curso colegial (High School). O objetivo do curso é mostrar aos professores como o programa computacional Claris Works pode ser utilizado na sala de aula de Matemática e Ciências, explorando a criação de tabelas e gráficos. Além disso, objetiva também envolver os alunos, futuros professores, em projetos que levem em conta alguma forma de produção.

Convém ressaltar que os assistentes da referida professora, TAs (Teachers Assistents) fazem cursos, aprendendo conhecimentos básicos sobre os vários ambientes computacionais, antes de serem monitores em seus cursos.

Na presente entrevista, quanto às questões por nós elaboradas, relacionadas com suas experiências na utilização da tecnologia em ambientes de ensino, a referida professora teceu algumas considerações, nas quais se abordam os aspectos mais relevantes a essa pesquisa. Ressalta-se porém, que as entrevistas originais encontram-se em fitas gravadas. Enfatiza-se ainda que a descrição dos dados obtidos será apresentada por temas relacionados com a utilização de computadores na sala de aula.

- **Experiência Inicial com Computadores**

A professora Liz relata como foi o seu primeiro trabalho com um computador na sala de aula, descreve esta experiência dizendo que nos anos oitenta, utilizou um Commodor 64 Computer, em uma classe de 5ª série do ensino fundamental de um distrito muito pobre dos Estados Unidos. Por se tratar de um equipamento extremamente caro naquela época, sabia que era um investimento muito grande para a realidade de sua escola, e muitas vezes, sentia-se culpada por não saber como utilizar este equipamento.

Depois de muito esforço e iniciativa própria, conseguiu alguns softwares e os usou para matemática e leitura, porém, conforme seu depoimento, os alunos não gostavam muito. Anos mais tarde ela comprou um Apple II, e foi a mesma coisa, mas desta vez, ela tinha dois

computadores, e muita vontade de utilizá-los. Dessa forma, a escola conseguiu algumas cópias de disquetes mas não podia comprar as instruções para o professor. Assim sendo, ela tinha os programas mas continuava sem as instruções de como usá-los. Tal fato, incentivou a professora a investigar por si mesma, com o objetivo de explorar e aprender a usá-los e, além disso, investigar se aqueles programas seriam interessantes para utilizar com seus alunos no desenvolvimento de suas aulas.

Em 1989, a escola da professora entrevistada adotou um Sistema Integrado de Aprendizagem (Integrated Learning System), publicado por uma grande editora educacional, Jostin's Corporation**,** do Arizona, para as áreas mais importantes do currículo de linguagem, leitura e Matemática.

Um aspecto importante, comentado pela professora pesquisada, trata-se do fato de que, na sua escola, a maioria das crianças não era falante nativo de Inglês ou era falante limitado – eram filhos de trabalhadores rurais. Conseqüentemente, elas tinham notas baixas nos testes padronizados, porque elas estavam aprendendo a ler em uma língua que eles não dominavam bem. Uma das vantagens do Sistema Integrado de Aprendizagem era que ele ajudava a melhorar os resultados no teste-padrão de leitura, pois ele ensinava da mesma maneira que os testes testavam habilidades de leitura.

Instalou-se então, na referida escola, um grande laboratório de computadores ligados em rede a um servidor e muitos softwares que cobriam desde o ensino do alfabeto até a leitura a nível de 8ª série. Inicialmente, todas as crianças faziam um teste de classificação e eram colocadas em um nível de leitura, independentemente de sua idade. Em um segundo momento, as crianças direcionavam-se para o laboratório de computação, entravam no sistema com suas senhas e o computador oferecia a elas os conteúdos que elas deveriam praticar. Antes do sistema entrar em operação, as crianças se mostravam muito excitadas porque usariam computadores, e já tinham ouvido falar que era muito bom trabalhar com computadores e mal podiam esperar para ir ao laboratório, duas vezes por semana por quarenta e cinco minutos. Ressalta-se porém que após um mês, elas já não achavam graça e após dois meses elas imploravam para não ir, pois era o mesmo que fazer as "worksheets" (folhas com exercícios), em uma tela. A professora Liz assevera que, em sua concepção, o Sistema Integrado de Aprendizagem era um desperdício, e não havia nada criativo, não envolvia o raciocínio e as crianças utilizavam esse sistema de forma mecânica.

Menciona ainda que havia três computadores em sua sala de aula e mais softwares no final dos anos 80 e início dos anos 90 e, assim sendo, percebeu que as crianças se mostrariam mais interessadas, se houvesse mais estímulo e motivação, e não apenas a prática repetitiva e mecânica de exercícios. Ressalta ainda que em 1990 foi construída uma nova escola e a maneira como as classes foram construídas, indicava a concepção dos administradores a respeito de computadores na sala de aula, uma concepção totalmente errônea, pois não havia possibilidade para dois alunos trabalharem juntos em um computador no trabalho da produção de um texto ou de uma pesquisa. Eles imaginavam que todos os alunos estivessem usando os computadores para praticar exercícios repetitivos.

Sobre esse aspecto, esta professora comenta que uma vez mais, foi frustrante e, assim sendo, ela decidiu que gostaria de ir para um curso de pós-graduação, com o objetivo de investigar a produção de vídeos educacionais. Porém, o seu programa de pós-graduação, foi mais voltado para a utilização de computadores no ensino fundamental, e, assim sendo, grande parte do que ela leu e pesquisou foi sobre Sistemas Integrado de Aprendizagem,

descobrindo que tais sistemas tendem a melhorar os resultados nos testes de leitura se os alunos que o estão usando, forem falantes nativos de Inglês.

Por outro lado, tais sistemas não funcionam para crianças que não falam Inglês. Na verdade essas crianças não estavam ouvindo Inglês, elas estavam apenas lendo na tela, e eram crianças que estavam tendo dificuldade na aprendizagem da leitura. Segundo a professora, esperava-se que as crianças aprendessem a ler através de uma máquina que não era interativa e apenas informava a elas, se estavam certas ou erradas. Dessa forma, o computador não possibilitava às crianças nenhuma assistência, nenhum "feedback", em qualquer tipo de má interpretação que pudesse estar ocorrendo.

Nesse sentido, a professora Liz declarou que foi muito compensador para ela perceber que seu instinto como professora estava correto, pois sentia que os computadores não estavam sendo usados da maneira como ela gostaria, em outras palavras, aqueles sistemas foram comprados para crianças cuja língua nativa não era Inglês, e sim Espanhol.

Ainda sob essa mesma perspectiva, a referida professora explicita que essas crianças não eram tão boas em leitura e escrita, quanto as outras e cabia aos professores propiciar ambientes de aprendizagem que pudessem desenvolver as suas habilidades. Entretanto, menciona que outras crianças nos Estados Unidos usam computadores de maneira mais criativa, tais como: criando multimídia, digitando e dizendo ao computador "o que fazer", isto é, elas criam um produto para mostrar o que elas sabem, e segundo a concepção da professora, cada criança que tem acesso a um computador deveria usá-lo de maneira criativa e não apenas para obter respostas, dizendo se elas estavam certas ou erradas.

Esta foi a experiência da professora Liz, quando estava dando aulas na escola elementar e isto é o que a motiva, hoje, quando prepara suas aulas para a universidade, pois deseja que os professores saibam que há muitos caminhos para se utilizarem computadores na sala de aula, caminhos que possibilitam a construção do conhecimento e outros, que talvez não sirvam para nada. Assim sendo, conforme suas palavras, "Eu penso que alguns desses caminhos podem ser, se não prejudiciais para crianças, certamente inúteis" (tradução da pesquisadora).

- **"Estado da Arte" em Tecnologia e Educação**

Um outro aspecto abordado nesta entrevista, relaciona-se à concepção da referida professora sobre o "estado da arte" em Tecnologia e Educação.

Na concepção da professora entrevistada, o "estado da arte" em Tecnologia e Educação não é o mesmo no mundo dos negócios e na engenharia e em outros campos. Dessa maneira, ela gostaria de presenciar professores e alunos utilizando computadores para fazerem produção, isto é, as crianças poderiam produzir multimídia, mostrarem pensamento divergente, não linear, fazerem textos e fotos que elas mesmas tiraram com câmaras digitais ou imagens obtidas em "scanner", vídeos, familiarizarem-se na conexão de "sites" na WWW[40]. E, além disso, irem além da multimídia, usando o WWW para pesquisa e publicação dos alunos.

[40] WWW - World Wide Web: é uma interface utilizada na Internet, a qual agrupa a nível mundial servidores multimídias conectados entre eles como uma rede.

A referida professora demonstra uma preocupação muito grande com a utilização do WWW pelos alunos, pois estes são consumidores de informações muito inocentes e, assim sendo, uma preocupação e também um objetivo para os professores, consistiria então em ensinar os alunos a serem usuários críticos em relação à filosofia subjacente à criação do "Web site", isto é, saber quem o criou e por que, pois toda comunicação é criada com um propósito subjacente de convencer o usuário a pensar de uma maneira ou de outra, e se os usuários não forem convencidos a serem consumidores críticos das informações, estar-se-á fazendo a eles um desserviço".

Ainda nessa mesma perspectiva, a referida professora, compara a WWW a uma grande biblioteca e alerta que, ao mesmo tempo que não se pode supor que uma criança entre em qualquer biblioteca do mundo e abra qualquer livro, independentemente do fato daquele livro ter sido escrito para crianças ou adultos, esperando que eles sejam consumidores críticos em relação àquele texto, está-se, por outro lado, deixando as crianças "soltas" geralmente na WWW sem propiciar a elas informações necessárias sobre o autor ou criador do texto.

Dessa forma, a referida professora, concebe o "estado da arte" em Tecnologia educacional, nesse momento, como sendo o que os professores realisticamente têm disponível para eles, ou seja, produção de multimídias e/ou WWW. Em sua opinião, em alguns anos, o estado da arte em tecnologia e educação, será realidade virtual na Web. E este fato, em sua concepção, acarreta toda uma série de problemas éticos, como o de ter-se crianças como consumidores. Explicita esta concepção, alertando que, se experimentarem realidade virtual de maneira física, as crianças poderão não entender que a realidade virtual não se constitui-se em uma experiência "real", embora os seus corpos a experimentem como "real". Assim sendo, postula que todos temos muito que aprender a pensar eticamente sobre realidade virtual.

Nesse sentido, a professora pesquisada espera que, antes que os programas de realidade virtual passem a fazer parte da sala de aula, os professores possam fazer uma reflexão séria do ponto de vista epistemológico sobre as crianças, isto é, como se processa a construção do conhecimento, o que elas são capazes de entender em diferentes idades.

- **Computador como uma Ferramenta Importante e Necessária**

Nesta entrevista perguntou-se à professora Liz, porque o computador é uma ferramenta importante e necessária para professores e alunos. Nesse sentido, a professora pesquisada refletindo, respondeu que acredita que o computador é uma ferramenta importante e necessária pois, é um catalisador que pode mudar a maneira como "fazemos escola". Em sua opinião, o cenário da escola tem sido em grande parte, o professor passando informações e os alunos simples receptores, mais ou menos passivos, das informações. Em conseqüência deste fato, o conhecimento dos alunos, ao explicitarem suas idéias, tem sido muito superficial.

Assim sendo, os professores, na visão da professora, devem procurar adaptar as teorias e métodos, tendo em mente uma outra concepção de Educação, concepção esta em que a tecnologia se faz presente, cada vez mais, com maior intensidade. Em sua opinião, o computador faz o professor refletir sobre as diferentes maneiras de preparar as atividades para os alunos. Ele passa assim, a ter um motivo para pensar e considerar outras possibilidades, com o objetivo de propiciar aos alunos uma interação mais criativa com noções e conceitos sobre determinados domínios do conhecimento e, assim sendo, poder criar

produtos que mostrem o que eles sabem, de um modo profundo, e não superficial. Dessa forma, os professores, podem presenciar um nível de compreensão mais profundo dos alunos. Segundo suas próprias palavras, "Eu acho que o que é importante é isso – o computador nos fornece um motivo para pensarmos sobre o que nós fazemos." (tradução da pesquisadora).

- **A Internet na Sala de Aula**

Nesta interação, refletindo sobre a utilização da Internet nas escolas americanas, questionou-se a opinião da referida professora sobre a Internet, se realmente os alunos aprendem utilizando a Internet, ou somente a utilizam como um banco de dados.

Com estas concepções em mente, a professora Liz, inclui o WWW**,** quando fala sobre a Internet e acredita que se trata de uma ferramenta muito valiosa, especialmente para as escolas mais pobres, que não possuem muitos recursos. Explicita esta idéia, postulando que a Internet é muito importante para os alunos, pois pode colocá-los em contato com muitos profissionais que dedicam seu tempo em responder às perguntas das crianças, sendo mentores eletrônicos para muitas crianças que não têm profissionais na família, ela acha que a Internet propicia meios para que essas crianças comecem a perceber como uma outra pessoa pensa, e dessa forma, comecem a sentir algum tipo de conexão fora de suas comunidades.

Um aspecto importante sobre este assunto, levantado pela referida professora, trata-se do fato de que ela não vê a Internet como uma comunidade. O conceito de uma comunidade eletrônica (electronic community), em sua visão, constitui-se em um conceito errado, pois ela não acredita ser possível ter uma comunidade sem estar fisicamente com as pessoas e sem interagir com elas diariamente.

Portanto, a noção de que a Internet pode criar uma comunidade para as crianças não é possível, especialmente sem a interação e a ação mediadora do professor. Apesar de os alunos estarem trocando mensagens de "e-mail", o que eles tendem a dizer um para o outro, geralmente, é bastante superficial. Eles não se aprofundam nas diferenças culturais que poderiam dar a eles novas chances de descobertas em relação à cultura do sujeito com quem eles estão se comunicando.

Uma outra maneira de se utilizar a Internet**,** na sala de aula, constitui-se em elaborar e participar de projetos através de "e-mail", fazendo conexões com outras crianças. Na opinião da professora mencionada, há potencial para as crianças aprenderem através da Internet. Mas isto depende muito de como a metodologia e os objetivos do professor são planejados. Para tanto, o professor deve realmente entender os propósitos da utilização da Internet em suas aulas, e como ela pode ser usada como uma ferramenta que propicia o desenvolvimento da criatividade e do raciocínio lógico dos alunos. Porém, segundo a professora Liz, se o professor não tiver nenhum envolvimento profissional, nenhum treinamento naquilo que está fazendo, pode ser realmente uma perda de tempo e de recursos.

Cita ainda que existem professores em Albuquerque usando a Internet, mas que eles não tiveram nenhum treinamento por parte das escolas, em conseqüência, eles procuraram por si mesmos investigar maneiras de utilizarem a Internet em suas aulas. Por outro lado, afirma que a maioria são professores que estão na universidade e que geralmente buscam informações e investigam maneiras diversas sobre a utilização da Internet na sala de aula. Porém, existem muitos professores que estão usando a Internet de maneira muito superficial, para "e-mails", para conversar com amigos, para escrita, entre outros.

- **Novas Tendência para a Tecnologia e a Educação**

Nessa interação, discutiu-se sobre as novas tendências para a tecnologia e a Educação. Sobre este aspecto, a professora Liz mencionou que, em sua concepção, as simulações em realidade virtual constituirão as mais novas tendências. Contudo, ressalta que ainda não há muita coisa desenvolvida para crianças nesta linha. Realidade virtual está sendo usada pelos militares, para treinamento. Assim sendo, os idealizadores dos ambientes computacionais não sabem como programar ambientes educacionais, tomam como modelo teórico os ambientes utilizados pelos militares e criam ambientes de realidade virtual, desprovidos de qualquer embasamento metodológico e, conseqüentemente, idealizam ambientes violentos, pois já vinham criando este tipo de ambiente computacional em treinamentos militares anteriores.

Alerta ainda que quando se vai a uma casa de jogos de video game que possuem realidade virtual, o que se presencia são jogos violentos, jogos militares. Ressalta ainda que há mais ou menos três anos atrás uma das maiores revistas masculinas – *Penthouse* – começou a apresentar sexo virtual.

Essa professora preocupa-se com os aspectos acima abordados, e questiona: "Se esta é realmente a origem da realidade virtual no setor privado, o que seria a realidade virtual na sala de aula para crianças? Quem está pensando em fazer programas de realidade virtual para crianças? Qual é a formação dos idealizadores dos ambientes computacionais que abordarão realidade virtual?" Ressalta-se que estes questionamentos são polêmicos, do ponto de vista teórico-metodológico, como a professora observa tão bem, o mercado educacional não gera tanto dinheiro quanto os outros mercados, e desse modo, quem são essas pessoas que participam da produção de softwares e o que elas pensam sobre as necessidades das crianças, o que elas sabem do processo de construção do conhecimento? Eis aí pontos para uma possível reflexão.

Ainda sobre esse aspecto, a professora Liz, observa também que não há muito dinheiro para pesquisa dos educadores que querem criar realidade virtual para a sala de aula. Porém ela acredita que realidade virtual é a próxima tendência da utilização de computadores na sala de aula e, assim sendo, como educadores não se deve simplesmente ficar esperando que outros apresentem esse produto pronto, pois poderá ser mais útil e participativo se ajudarem na criação dos ambientes computacionais que as crianças vão utilizar.

- **Exemplos da Utilização de Computadores na sala de aula**

A professora entrevistada conhece alguns professores que estão fazendo projetos com crianças, utilizando multimídia, mais especificamente, utilizando *HyperStudio*. Alguns desenvolveram uma unidade sobre herança de família. Alunos de 2ª Série (8 anos) e da 4ª Série (10 anos) trabalharam como um "time". Eles pesquisaram sobre os países dos quais suas famílias vieram, qual a bandeira daquele país, quais os costumes e características dos países. Quem foi que veio para os Estados Unidos, e histórias da família. Cada criança criou sua parte do *HyperStudio* e então elas se conectaram, trocando fatos e informações. Os alunos da 4ª. Série eram os mentores para os alunos da 2ª série, e todo esse trabalho foi apresentado aos pais em uma visita na escola.

A professora Liz fornece ainda um outro exemplo da utilização da informática na sala de aula. Professores usaram o show de "slide" em *Claris Works* para os alunos fazerem pequenos programas lineares, sobre o estudo de eletrônica. Outros professores trabalharam

com as crianças, em publicações, criando revistas, pequenos folhetos, “posters”, entre outros aspectos.

Uma outra possibilidade de utilização da WWW consiste na aplicação de alguns dos novos softwares que facilitam a criação de Web “sites”. As crianças navegam em diversos “sites”, pensam e refletem sobre o que presenciaram, sintetizam todos os dados obtidos e então fazem uma produção por escrito. Alguns “sites” são deixados de fora por causa das pessoas que os criaram, por suas filosofias e metodologias subjacentes. A referida professora postula que os professores estão sendo consumidores críticos das informações na WWW, por outro lado, muitos professores podem nem pensar a este respeito, isto é, não se preocupam quem criou o “site” ou as pessoas que apoiaram e participaram da criação daquele “site”, a corporação ou a organização que pagou por aquele “site”, entre outros aspectos.

- **Logo na Sala de Aula**

A professora entrevistada no momento, não conhece nenhum professor trabalhando com Logo em Albuquerque. Acredita que quando Papert criou o Logo, ele fez todos aqueles “clones” sobre as crianças serem capazes de fazer grandes saltos nos níveis de compreensão de Piaget, e as pessoas nunca viram aquilo realmente acontecer. Do ponto de vista educacional, Papert tinha criado com o Logo uma janela de oportunidades para as crianças aprenderem, porém, os professores não souberam como utilizá-lo em suas aulas. Na opinião da professora entrevistada, Logo é incrivelmente valioso e é uma maneira maravilhosa de iniciar as crianças em programação, como um nível exploratório no qual as crianças não são ameaçadas pelo que elas estão fazendo.

Enfatiza que pretende usar Logo nos programas de verão. No curso de verão ela quer levar *Lego-Logo* para a Universidade e, para tanto, está planejando dar um curso na primavera para os professores sobre Logo e sobre *Lego-Logo*, e então pedir a esses professores para ajudarem no “Summer Institute”. Pretende ainda trabalhar com meninas de 10 a 13 anos e deixar que elas façam algum tipo de engenharia com Logo e Legos. Nesse projeto, ela gostaria também de trabalhar com crianças pobres para fazer a mesma coisa, pois ela acha uma idéia maravilhosa que essas crianças possam usar Logo para programar computadores que dirigem as máquinas (Legos) que elas mesmas constroem.

Refletindo sobre a utilização do Logo na escola, a referida professora não compreende muito bem os motivos reais que levam os professores a não o utilizarem em suas aulas, a menos que o problema seja que eles não consigam enxergar o imenso valor existente no Logo. Ressalta ainda que, quando o Logo começou a ser disseminado nas escolas americanas, os computadores não eram tão sofisticados e os professores tinham pouca prática e familiaridade com eles. A maior parte dos programas computacionais utilizados na sala de aula, eram apenas para exercícios repetitivos (Drill and Practice) e, dessa forma, os professores acharam que o Logo pudesse ser igual. Conclui essas idéias, afirmando que os professores, talvez, não tenham investigado Logo, o suficiente para realmente saberem sobre as suas potencialidades na sala de aula.

- **Softwares na Sala de Aula**

Questionou-se a respeito de quais softwares poderiam ser utilizados na sala de aula. Nesse sentido, a professora entrevistada recomenda principalmente softwares de produção, como *Claris Works* que, em sua concepção, trata-se de um ambiente computacional valioso

para produção. *Claris Works* possui programas de desenho e pintura, que constituem recursos disponíveis para os professores utilizarem computadores com as crianças menores, possui ainda banco de dados, planilha eletrônica (*spreadsheet*), processadores de texto (*word processing*).

Ressalta-se que um programa semelhante ao *Claris Works*, utilizado no Brasil, é o *Microsoft Works*. *Works 4.5* é a versão mais recente de programa desenvolvido pela Microsoft para ambiente Windows 95. *Microsoft Works* apresenta em sua organização vários módulos de software integrados, que são: Processadores de Texto (*Word Processor*), Planilhas Eletrônicas (*Spreadsheet*), Banco de Dados (*Database*) e Comunicação (*Communications*). Apresenta ainda outros módulos menores, também integrados, que permitem, por exemplo, criar gráficos e adicionar desenhos.

As características desse ambiente computacional serão explicitadas abaixo, com o objetivo de propiciar ao leitor dados para a compreensão sobre o *Claris Works*, programa comentado pela professora pesquisada.

Microsoft Works 4.5 possui *Word Processor* (Processador de Texto), que pode ser utilizado para elaborar cartas, relatórios, provas, entre outros. Possui ainda *Spreadsheet* (Planilha de Cálculo), que oferece ferramentas para se trabalhar com números em Matemática, Ciências, entre outros domínios. É um recurso poderoso, que pode ser utilizado para organizar e compilar dados, os quais podem ser apresentados em formas de tabelas e/ou gráficos. Possui também *Database* (Banco de Dados), que consiste em um sistema eletrônico de arquivos de dados que permite ao usuário guardar informações. Essas informações podem ser recuperadas e trabalhadas de acordo com as necessidades associadas às tarefas a serem desenvolvidas. E ainda, *Communications* (Comunicação), que contém software que, associado à existência de um "modem" e de uma linha telefônica, permite o acesso à Internet.

Questionada sobre os diversos softwares que podem ser utilizados na sala de aula, a professora pesquisada menciona ainda que recomenda aos professores a utilização de ambientes multimídia, como por exemplo, o *HyperStudio*, *Netscape Navigator*, e vários softwares comercialmente produzidos, tais como: *Tesselmania*, *The Magic School Bus Explores the Human Body*, *The Magic School Bus Explores the Solar System*. Comenta ainda que existem ambientes computacionais de simulação que podem ser utilizados pelos professores em suas aulas, porém alerta que esses ambientes tendem a ser caros e mesmo que o professor desenvolva toda uma unidade temática em torno de um software de simulação, só seria possível usá-lo de 4 a 6 semanas por ano, período este, em que se explora todas as suas potencialidades. A professora Liz enfatiza ainda que, muitos softwares seriam um bom investimento, se fosse possível o professor continuar com ele por cinco ou seis anos.

Refletindo sobre os ambientes de simulação, perguntou-se à referida professora a respeito de uma simulação muito famosa nos Estados Unidos, denominada *Where in the World is Carmen Sandiego?*.

Para a professora entrevistada[41], *Where in the World is Carmen Sandiego?* é um ambiente de simulação muito utilizado pelos professores porém, existem muitos artigos escritos contra este ambiente computacional, por pessoas que não gostam desse software, pois

[41] Convém ressaltar que, esse trecho da entrevista e o trecho relacionado ao *Oregon Trail* já foram comentados no início deste capítulo, mas por julgá-los esclarecedores, no presente contexto, volta-se a mencioná-los.

argumentam que contém, em sua concepção, aspectos racista, pois Carmen Sandiego é uma mulher hispânica, e é uma ladra. Além disso, esse ambiente contém aspectos que tendem a um estereótipo sexista, isto é, mostra as mulheres em roupas reveladoras, sapatos de salto alto, entre outros aspectos. Ainda, neste software, cada país é representado por um quadro, uma tela, mostrando aspectos que não refletem as características próprias dos países, mas sim uma imagem que faz ressaltar as diferenças entre países do primeiro e terceiro mundo, não mostram traços e características culturais, de cada país. Conforme as concepções da professora entrevistada, este ambiente traduz um tipo de cultura em que somente os "idealizadores" deste software acreditam. Questiona-se se estariam eles tentando vender uma imagem do mundo? Acredita ainda que tal ambiente parece ser muito etnocêntrico, muito restrito, sem nenhuma percepção de como é o resto do mundo.

Nessa mesma perspectiva, a referida professora, ressalta que um software bem popular nos Estados Unidos é *Oregon Trail*, porém quando introduzido nas escolas, causou os mesmos tipos de críticas do ambiente comentado acima, pois este ambiente computacional mostra pessoas brancas viajando do leste para o oeste americano, pessoas estas que atiravam nos índios, matando-os. Este fato, na atual sociedade americana, não é aceito, uma vez que os índios existentes nas diversas regiões dos Estados Unidos, ainda que considerados uma minoria, estão integrados na sociedade atual.

Constata-se que esses aspectos discutidos, segundo a professora Liz, são extremamente importantes, porém, muitos professores não são críticos o suficiente sobre as ferramentas que utilizam na sala de aula, não percebendo a gravidade de trabalhar com seus alunos ambientes computacionais que possuam, em suas estruturas subjacentes, fatos e elementos discriminatórios e preconceituosos, que possam levar as crianças a formarem concepções errôneas. Ela afirma que

> "Simulações podem ser boas, porém os professores precisam entender que tais ambientes traduzem uma visão limitada da realidade e os elementos que estão naquele ambiente simulado foram escolhidos por uma pessoa ou um grupo de pessoas que provavelmente possui alguns preconceitos culturais. Tem-se que pensar tanto no que foi deixado de fora da simulação quanto no que foi incluído na mesma." (tradução da pesquisadora).

A professora pesquisada acredita que a maioria dos professores que estão na sala de aula não realizaram cursos sobre os diversos softwares existentes, a ponto de pensarem com mais profundidade sobre as ferramentas que estão usando em suas aulas. Da mesma forma, também não sabe se esses professores pensam com profundidade sobre os livros-texto que utilizam, os quais podem ser tão preconceituosos quanto qualquer ambiente computacional.

Considerando que a maioria desses professores possuíam mestrado, a pesquisadora desta pesquisa, questionou à professora entrevistada, se não seria lógico e mais razoável esperar que eles fizessem uma reflexão a respeito dos ambientes computacionais que utilizavam em suas aulas.

Sobre esse aspecto, a referida professora concordou dizendo que não sabe se isto acontece em outros países no mundo, mas ela diz que na universidade em que trabalha, tem havido muitos problemas em relação à avaliação, pois os alunos da Faculdade de Educação, de sua universidade, acham que Educação "é fácil", e dessa forma, se eles não tiram A^+, eles reclamam e querem saber quais foram os motivos que levaram o professor a atribuir determinada nota para eles. A quantidade de trabalhos e pesquisas que eles realizam, especialmente com relação ao pensamento (reflexão) intelectual e sobre a profissão, é

mínima. Traduzindo essas idéias recorre-se à avaliação que fez de seus alunos, no curso que ministra, e apresenta-se alguns depoimentos dos alunos que ilustram as concepções acima mencionadas, "Por que tivemos que ler esses artigos, por que tivemos que discutir sobre problemas relacionados com computadores na sala de aula? Por que não passamos o tempo aprendendo somente a usar os vários softwares?" (tradução da pesquisadora).

Ainda nessa perspectiva, ressalta a importância de realizar uma formação reflexiva de professores, a qual possibilite a eles uma profunda compreensão do que consiste ser um bom professor. Assim sendo, recorre-se às suas próprias palavras:

> "Começo sempre dizendo ao aluno que ele será professor, em um futuro próximo, e que isso não significa que vai entrar numa profissão para planejar atividades com o objetivo de manter as crianças ocupadas. Mas, que vai entrar numa profissão na qual se deve pensar sobre como é que as crianças aprendem. Se você não sabe porque você está preparando uma certa atividade e que tipo de aprendizagem vai resultar desta sua ação, então você não deveria ser professor." (tradução da pesquisadora).

Nessa perspectiva, a professora entrevistada comenta que os professores ainda resistem a isto, e mesmo os professores que retornaram de seus cursos de mestrado, também não estão interessados em estudarem profundamente teorias de aprendizagem para compreenderem como as crianças pensam na frente de um computador, por exemplo. Menciona ainda que ministrou aulas em uma escola elementar, por treze anos sem ter um título de mestrado, por causa da distância até uma faculdade mais próxima de onde estava, e ela sempre admirava muito as pessoas na área de Educação que tinham um mestrado, pois ela pensava que elas eram o máximo e que deveriam realmente entender sobre as teorias de aprendizagem. Quando foi para o seu curso de mestrado, percebeu que não havia motivo para ter tanta admiração pelas pessoas com mestrado, pois o que ela queria realmente aprender, em um curso de mestrado, não estava disponível em um programa de mestrado. O que ela realmente queria, exigia um PhD em uma universidade grande, Ohio State University, na qual existem muitos estudiosos e pesquisadores de todo o mundo.

Analisando o depoimento da professora acima, observa-se que tal concepção ilustra uma busca constante do conhecimento em sua formação, busca esta que deveria servir de exemplo aos professores, de como se tornarem **professores-pesquisadores**[42] em suas aulas, procurando, sempre que possível, conhecer novas metodologias, experimentarem novas estratégias, refletirem sobre as teorias de ensino/aprendizagem, com o objetivo de adequá-las às novas tendências que permeiam nossa sociedade, no processo da construção do saber. Ressalta-se ainda que um aprofundamento dessas concepções, foi apresentados no Capítulo 1, desta pesquisa.

Uma outra temática abordada na presente entrevista, trata-se de uma reflexão sobre como os computadores podem auxiliar no processo de construção do conhecimento. Assim sendo, apresentam-se abaixo concepções a este respeito.

---

[42] O termo professor neste estudo será usado em uma perspectiva crítica. Opta-se por professor-pesquisador, pois considerou-se que os princípios básicos que norteiam o desempenho do professor, vão além de mediatizar o processo ensino-aprendizagem, em outras palavras, concebe-se professor como um ser em constante mutação e reconstrutor de sua própria história, através da relação dialógica entre si mesmo, o outro, e o objeto de estudo, em uma constante busca e investigação, com a finalidade de propiciar a reestruturação e a transformação do saber.

- **Computadores no processo ensino/aprendizagem e no processo de construção do conhecimento**

Mais uma vez, a professora entrevistada, acredita que o computador possa ser utilizado pelos professores como um recurso valioso que propicie aos alunos a construção do conhecimento. Porém tal abordagem depende da compreensão e análise feita por ele em relação à criança, isto é, se a criança, por exemplo, não possui a base necessária para aprender um determinado conceito, como utilizar o computador para propiciar à criança uma interação que a possibilite chegar cada vez mais próximo da compreensão desse conceito. Em outras palavras, o fato importante, é realmente refletir: como os professores estão usando o computador em suas aulas e quais os softwares que podem auxiliar os alunos, envolvendo-os em verdadeiros ambientes de aprendizagem? Os ambientes computacionais estariam de acordo com os objetivos que o professor projetou para seus alunos? Com relação à construção do conhecimento, a referida professora, acredita que, em alguns casos, a interação com o computador é muito abstrata para algumas crianças, explicita essa idéia, afirmando que

> "As vezes elas precisam de atividade que envolvam fazer algo com as próprias mãos ou até com o próprio corpo, especialmente as crianças mais novas. Para as crianças menores do que sete ou oito anos, o computador pode ser uma diversão interessante, mas que deveria ser utilizado como um instrumento que proporciona novas maneiras de aprender, por exemplo, fazer algum tipo de produção. Há muitas crianças de cinco, seis, e sete anos que conseguem fazer algum tipo de criação no *HyperStudio*, que sabem o alfabeto e sabem ler e escrever bem o suficiente para fazer algum tipo de trabalho de publicação no computador." (tradução da pesquisadora).

Ainda nessa perspectiva, a professora ressalta que o computador pode fazer parte da sala de aula do professor, pois é um instrumento muito versátil e como qualquer outro instrumento, constitui-se em uma outra maneira do professor propiciar aos alunos ambientes de aprendizagem, nos quais eles possam interagir com noções e conceitos de diversas áreas do conhecimento, com novas informações e, transformando estas informações em conhecimento.

- **Video Games**

Nessa interação, questionou-se se a professora entrevistada recomenda o uso de video games para as crianças, isto é, se as crianças aprendem algo quando passam horas e horas na frente de um video game. Refletindo a esse respeito, a referida professora menciona que existem estratégias e intuições relacionadas à estrutura funcional dos programas de computador e acredita que pode haver algumas estratégias complexas e sofisticadas com conteúdo, e dessa forma, a criança envolve-se com elas e cria caminhos diversos para atingir um determinado objetivo. Ressalta ainda que existem alguns softwares, que são como jogos que divertem, mas que ao mesmo tempo possuem em sua estrutura, conteúdos e conceitos. Há uma série chamada *The Magic School Bus*, que refere a uma professora de escola fundamental que possui um ônibus mágico, no qual ela coloca as crianças. Ela pode encolher o ônibus, aumentá-lo, eles fazem viagens, exploram o corpo humano, ou estudam o sistema de esgoto. Atualmente, existem alguns softwares desenvolvidos com a idéia do *The Magic School Bus*, em vez de serem apenas uma diversão, ensinam conceitos se os alunos interagirem com esse ambiente. Apresenta-se abaixo, uma ilustração do software *The Magic School Bus*.

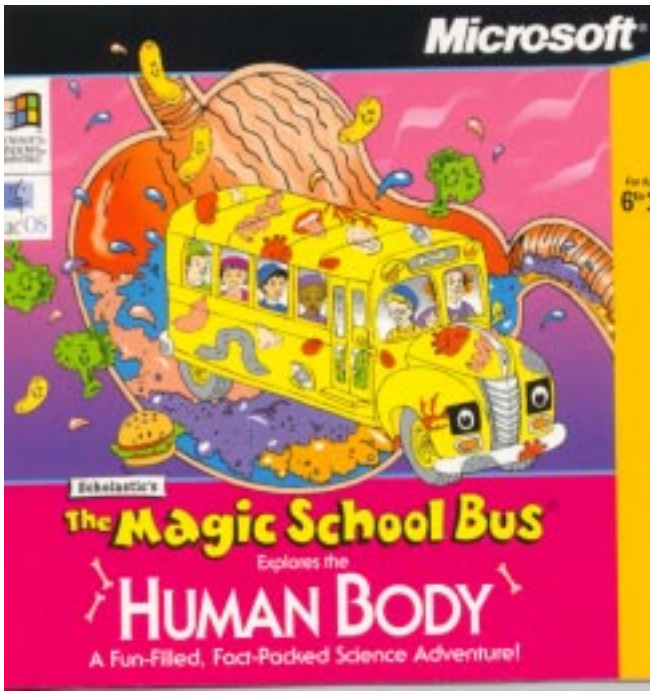


Figura 2.23 – *The Magic School Bus*

A referida professora conclui sua abordagem, alertando que muitas crianças têm acesso ao computador em suas casas, e podem usá-lo como uma ferramenta, de muitas maneiras diferentes. Por outro lado, existem muitas crianças que não possuem computador em casa e o único acesso que elas têm a essa máquina, é a casa de video games, e esse fato torna-se preocupante, se esta for a única interação que elas tiverem com um computador.

Analisando essas idéias, acredita-se que essas crianças necessitem ter acesso a computadores em suas escolas, utilizando-os amplamente, com orientação e projetos estabelecidos, anteriormente, pelo professor e dessa maneira, possam criar novas estratégias, inventar novos caminhos, em busca de seus objetivos, envolvendo-se em verdadeiros ambientes de aprendizagem, que lhes possibilitem a verdadeira construção do conhecimento.

2.3.4.1.2 Profa. Dra. Pia

- **Primeiras Experiências com Tecnologia e Educação**

A professora Pia é uma professora da Universidade do Novo México (New Mexico University) e pesquisa temas referentes à tecnologia na Educação, trabalha ainda com cursos de formação de professores, abordando fundamentos teórico-metodológicos sobre a introdução e disseminação de computadores na Educação.

Durante a entrevista, declarou que terminou o doutorado em 1981, antes que os computadores fizessem realmente parte da Educação. Começou então a dar aulas em uma universidade na Califórnia e trabalhava com um programa para especialistas em leitura. O computador que ela tinha comprado era como um brinquedo para ela. Quando se começou a falar sobre "Computer Literacy" (termo referente a capacidade de o sujeito usar computador) em 1982, o diretor da escola, em que trabalhava, solicitou-lhe a elaboração de uma programação a respeito da introdução de computadores no ensino. Assim sendo, ela montou

um programa relacionado à tecnologia e educação para alunos de mestrado e doutorado. Desde então, a referida professora mencionou que vem "brincando" com tecnologia.

Ressalta-se que a professora possui uma grande experiência em cursos de reciclagem e aperfeiçoamento para professores e alunos em tecnologia. Recentemente, está envolvida com três projetos. Um deles refere-se à assessoria que realiza em uma escola de primeiro grau da cidade. Essa escola estava planejando implementar muita tecnologia, mas não sabia como usá-la em sala de aula. Assim sendo, a professora Pia tem trabalhado com eles, durante o ano todo, ensinando-os como lidar com tecnologia. Um outro projeto relaciona-se com o trabalho que a referida professora desenvolve com o Estado do Novo México, em um programa de treinamento de professores, utilizando o modelo "professores ensinando professores". Nesse projeto, ela trabalhou com um time de quatorze professores, viajando por todo o estado e fazendo "workshops" para professores em todos os tipos de distritos, fizeram quatro "workshops" em cinqüenta e dois dos noventa distritos no estado de Novo México. Um terceiro projeto refere-se ao trabalho em tecnologia, desenvolvido por essa professora nas escolas de Belem, uma pequena cidade nas proximidades de Albuquerque, projeto esse denominado, *Goals 2000*, cujo objetivo consiste na integração de habilidades em tecnologia nas escolas.

A referida professora utilizou nesse projeto, o mesmo tipo de modelo, para ensinar professores, e estes, por sua vez, foram ensinar outros professores. No aspecto filosófico, ao utilizar tal "modelo de ensino", não tinha como objetivo dominar a tecnologia por si mesma, mas o propósito consistia em envolver os professores e levá-los a refletir sobre como essas habilidades podem ser integradas à aprendizagem para todas as séries, do Jardim da Infância, até a décima segunda série. Acredita que o professor "modela como ensinar", em outras palavras, ela não realiza palestras sobre como ensinar com tecnologia, o que ela faz é ensinar com tecnologia. Desse modo, ela envolve os professores; eles lêem um livro e textos diversos e, então desenvolvem um programa de hipermídia.

De acordo com esta professora, essa maneira de abordar tecnologia, parece ser a mais positiva, pois os professores possuem uma imagem de suas próprias experiências em suas mentes e, assim sendo, é difícil para eles perceberem como a tecnologia pode ser parte integrante da aprendizagem, se a tecnologia nunca fez parte da própria aprendizagem desses professores. Em sua concepção, "modelar a aprendizagem" com tecnologia, e simultaneamente, aprender sobre tecnologia, realmente funciona com os professores. Sob esta perspectiva, acha ainda que quando se trabalha com tecnologia, deve-se mostrar aos professores apenas o suficiente sobre um programa, envolvendo-os em um processo de investigação de suas próprias estratégias, e responder as suas perguntas à medida que eles tentam fazer alguma coisa. Esta é a diferença entre ensinar a **respeito de tecnologia** e **ensinar com tecnologia**. Em sua opinião, é preciso sempre enfatizar o **ensinar com tecnologia**.

Durante os últimos quatro anos, a referida professora está com um programa de pós-graduação denominado: Cohort[43], termo que se refere a um grupo de pessoas que apoia uma certa idéia. Nesse projeto todos se reúnem e fazem os quatro semestres, culminando com um título de mestre, ou com um certificado de especialista. Segundo esta professora, essa tem sido uma abordagem extremamente poderosa na introdução e disseminação da tecnologia no ensino.

---

[43] Para aprofundamento sobre o projeto Cohort, ver: Norton (1994).

- **"Estado da arte" em Tecnologia e Educação**

A professora entrevistada acredita que, de um modo tradicional, nas escolas, o foco principal consiste na utilização da tecnologia. Colocar tecnologia nas escolas significa estar conectado na rede Internet, por exemplo. Isto é o que está acontecendo de mais importante para a maioria das escolas. No entanto, o "estado da arte" em tecnologia e Educação, na concepção da professora, consiste em algo mais amplo e importante, consiste nas diversas maneiras que se pode aprender a usar as tecnologias para construir conhecimento cada vez mais.

Ressalta ainda que a Educação utiliza ferramentas, tais como, papel, lápis, palestras, linguagem, entre outros recursos e, com o avanço da tecnologia, tem-se um novo conjunto de ferramentas, que consiste no potencial da tecnologia e, desse modo, cabe aos professores, descobrir como usar essas novas ferramentas e fazer com que elas sejam parte integrante do processo educacional. A referida professora, enfatiza que, como são novas ferramentas, elas sugerem coisas novas, novas maneiras de ensinar, novas maneiras de compreender o verdadeiro significado do que é ensinar e aprender, novas maneiras de abordar e pensar sobre o currículo.

- **Computador como uma Ferramenta Importante e Necessária**

A professora entrevistada aborda esta questão em vários níveis. Primeiramente, deve-se analisar o contexto social, o contexto no qual as pessoas vivem, o governo, a política e a cultura popular. Esses diferentes contextos já integraram a tecnologia e colocaram-na a seus serviços. Tornando-se parte integrante do que nós fazemos, o computador consiste em apenas uma ferramenta natural, e deve-se usá-la sempre a nosso serviço. Hoje as crianças possuem brinquedos de computadores em casa, video games, computadores, entre outros. A professora Pia, diz que as crianças estão aprendendo sobre tecnologia, "apesar de nós", em outras palavras, o ambiente de aprendizagem do aluno deve refletir o seu ambiente mais amplo de informação, ou então eles irão rejeitar o que se ensina a eles. Explicitando essas idéias, lança-se mão de suas próprias palavras: "Quando os alunos vêm para a escola por seis horas por dia, e nós tiramos tudo deles exceto papel, lápis e livros, é difícil para eles perceberem como esta aprendizagem pode relacionar-se com o resto da vida deles." (tradução ao pesquisadora).

Ainda nessa perspectiva, esta mesma professora, ressalta que essas crianças aprendem com a televisão, com a Internet, e podem também aprender com os colegas. Elas estão aprendendo sobre todas as diversas maneiras de pensar que acompanham aquela tecnologia, e assim sendo, este é um dos motivos pelo qual a professora pesquisada acredita que é importante a Tecnologia fazer parte integrante da Educação nas escolas.

Um outro motivo de se conceber a tecnologia como parte integrante da aprendizagem, de acordo com a professora, reside no fato de que as novas tecnologias oferecem novas maneiras de ver as coisas e novos hábitos nos processos de raciocínio. Assim sendo, menciona o seguinte:

> "Toda literatura que volta atrás e tenta entender o que aconteceu, na Europa, quando a imprensa foi inventada e os livros tornaram-se disponíveis e acessíveis, sugere que aquela nova ferramenta criou hábitos de pensamento que nós chamamos lógico, racional. Havia uma relação real entre como as pessoas estavam pensando e as ferramentas que elas estavam usando. Havia uma interação dinâmica. Agora nós temos a tecnologia, a tecnologia está em nossas vidas, nos nossos governos, e nos locais de

> trabalho exigindo um novo conjunto de modos de pensar sobre as coisas." (grifo e tradução da pesquisadora).

Cita como exemplo da concepção acima exposta, o ambiente de simulação. O importante em ambientes de simulação é que este não focalize em respostas do tipo: certo ou errado, mas que focalize nos vários aspectos da questão. Em outras palavras, deve-se procurar entender as regras que governam tais ambientes, mais do que saber, se a resposta está certa ou errada. Conforme as palavras da professora entrevistada, "Se esse é o tipo de pensamento que está sendo exigido, então as escolas devem promover esse tipo de pensamento." Acredita ainda que tecnologia seja uma excelente ferramenta para desenvolver esse aspecto, e ela baseia a sua grande paixão de introduzir e disseminar a tecnologia nas escolas, em dois aspectos: "As escolas devem refletir o ambiente mais amplo de informação no qual as crianças vivem" e, "Essas novas ferramentas trazem novas maneiras de pensar sobre as coisas." Conclui sua idéia afirmando que, os professores precisam fazer parte da experiência educacional das crianças e também, precisam ter uma visão mais ampla, do que simplesmente conectar as escolas na Internet.

- **Internet na Sala de Aula**

Na opinião da professora entrevistada, a Internet nada mais é do que uma grande coletânea de informações. Ressalta que já se coletaram informações antes, nas bibliotecas, e em histórias que as culturas contaram através dos tempos, histórias e culturas do mundo, desse modo, a Internet é apenas uma outra maneira de coletar informações. Para ela, o importante é ensinar aos alunos como eles podem ser usuários da informação e não apenas entusiastas da Internet, como uma abstração. Confirma-se esta afirmação através de suas palavras:

> "Nós ensinamos aos alunos como usar uma biblioteca, não com muito sucesso, mas ensinamos. O que eles precisam é aprender a ser usuários da informação. A tecnologia é um grande veículo através do qual eles podem acessar a informação, mas é o processo educacional que tem que criar oportunidades de aprendizagem que realmente propiciem às crianças um ambiente de aprendizagem, para que elas possam dar sentido às informações; encontrar as conexões; responder às suas próprias perguntas e formar as suas próprias condutas de vida." (tradução e grifo da pesquisadora).

Refletindo sobre essas idéias, lança-se uma questão para reflexão: as crianças realmente aprendem com a Internet? A referida professora diz que sim e, explicitando essa concepção, enfatiza que a proposta pedagógica deve ser elaborada de acordo com a maneira como as crianças interagem com a Internet, isto é, levando em conta suas idiossincrasias, sempre buscando envolvê-las em ambientes de aprendizagem, nos quais elas possam investigar novos caminhos e reinventar estratégias no processo de solução de seus problemas. Ressalta ainda que, apenas surfar, ao acaso, ou aprender sobre a Internet sem ter um propósito para usar aquela informação, não promove aprendizagem alguma. Ainda nessa perspectiva, relata alguns exemplos de crianças que utilizam a Internet.

- **Exemplos de Crianças Aprendendo com a Internet**

A professora Pia acredita que existam crianças que estejam aprendendo com a Internet. Há uma "home page" chamada *WebQuest* que coloca um problema a ser resolvido, e para resolvê-lo precisa-se de informações. Nesta página há conexões com "sites" oferecendo os tipos de informações que se investigam e, desse modo, os alunos transitam da página que propõe o problema para a página com dados relacionados a informações, resultando em

algum tipo de projeto que os alunos apresentam, mostrando como eles conseguiram solucionar o problema.

Um outro exemplo que a professora menciona relaciona-se com um ambiente que informa às crianças que um tio rico concordou em financiar uma viagem para elas irem à América do Sul, mas esse tio apenas financia a viagem com a condição de as crianças enviarem a ele uma carta, relatando o lugar que gostariam de conhecer, qual seria o avião adequado, qual seria o custo da viagem, e o que eles pretendem conhecer e visitar no lugar escolhido. Dessa forma, a página oferece conexões para *CityNet*, reservas em companhias aéreas, entre outros dados. Nesse sentido, as crianças buscam as informações necessárias, voltam e escrevem a carta para o tio delas.

Na concepção da referida professora, as crianças, nessa busca e investigação relacionadas com os dados necessários para a viagem, além de se tornarem, cada vez mais, familiarizadas com os diversos "sites" consultados, aprendem muito nesse processo de busca. Em outras palavras, criam estratégias próprias, refletem sobre os dados coletados, processam estimativas de cálculo, reelaboram raciocínios, sempre relacionados com os objetivos a serem alcançados.

A professora entrevistada comenta ainda sobre um projeto que ela criou e que se encontra na Internet. Trata-se de um ambiente direcionado a alunos que se encontram no final do colegial. O projeto afirma que esses alunos foram selecionados e ganharam uma bolsa de estudo para visitarem a Europa e estudar Escher, o artista. Porém, para obter os recursos e dados necessários, eles precisam planejar muito bem a viagem, mencionar o motivo da viagem, e ainda fazer uma análise de um quadro de Escher. Há botões que os levam a informações biográficas sobre Escher, "sites" que mostram a arte de Escher, seus desenhos e quadros famosos. Isto os leva a "sites" que explicam a matemática subjacente aos trabalhos de Escher, e assim sendo, os alunos podem utilizar toda essa informação para pesquisar e solucionar seu problema.

Um outro projeto, mencionado por ela direciona-se às crianças mais novas, da 6ª, 7ª e 8ª séries do ensino fundamental. Elas recebem uma carta do presidente dos Estados Unidos, dizendo-lhes que haverá pessoas vindo de outras partes do espaço que querem fazer um "tour", e que gostariam de ver alguns aspectos culturais, geográficos, entre outros. Outros aspectos relaciona-se com a tecnologia moderna, a indústria moderna, a indústria tradicional, entre outros. As crianças recebem a informação de quando os alienígenas virão e, assim sendo, elas começam a planejar um "tour" de quatro dias. Além disso, as crianças recebem também informações biológicas sobre os alienígenas, as quais devem ser consideradas durante o planejamento da viagem.

O objetivo dessas investigações é propiciar às crianças uma exploração mais profunda sobre o Estado do Novo México, descobrindo suas características e aspectos mais importantes. O projeto solicita ainda às crianças a elaboração de um prospecto de viagem que possa ser examinado pelos alienígenas para que eles decidam se querem ou não fazer a viagem. Na opinião da professora Pia, esta é uma maneira fantástica de se ensinar a história do Novo México para as crianças. Há "links" naquela página relacionados a todos os povos indígenas do Novo México, para o "site" *CityLink* no qual as crianças podem obter informações sobre companhias de aluguel de carro, para que elas possam saber o custo de um carro. Ressalta ainda que tal projeto de ensino é denominado: *Aprendizagem Centrada em Problemas*, e seu objetivo consiste em fazer com que os alunos utilizem a Internet para

solucionar problemas e para localizar informações que os auxiliem na resolução dos problemas.

A referida professora enfatiza também que a Internet apresenta possibilidades para o desenvolvimento de outros aspectos, porém, em sua concepção, as pessoas não estão explorando-a muito bem. A Internet é um grande meio de conectar alunos com "mentores" que estão trabalhando em diversas setores da sociedade, como cientistas, filósofos, médicos, empresários, entre outros. O projeto *Aventuras em Supercomputação*[44] tenta fazer isto. A Internet consiste também em uma maneira das classes trabalharem juntas desenvolvendo educação à distância. De acordo com a referida professora, a Internet propicia possibilidades variadas para muitos projetos, como, os relacionados com tratamento de água, chuva, entre outros. A AT&T, companhia telefônica de longa distância, patrocinou um círculo de aprendizagem que conecta as salas de aula de "todo o mundo". Porém, ressalta que esses exemplos da utilização da Internet, constituem as exceções, e não a regra. Muito freqüentemente, o que a professora Pia observa nas escolas é que tudo que os professores estão fazendo é mostrar aos alunos a Internet e como usá-la, sem uma proposta pedagógica, ou mesmo, sem um propósito, ou ainda, os professores estão pedindo aos alunos para escreverem um artigo, sendo que para isto eles podem muito bem usar a biblioteca tradicional.

- **Preparação dos Professores para Ensinar através da Internet**

Nesta entrevista, questionou-se à referida professora, se os professores estão preparados para ensinar através da Internet. Sobre esse aspecto, a professora acredita que ainda há muito trabalho que precisa ser feito, mas, na verdade, ela acha que os professores ainda não estão preparados para ensinarem através da Internet, em outras palavras, as noções tradicionais que os professores possuem do ensino não sugerem o que fazer com a Internet. Explicitando essas idéias, diz que

> "Se você ler um determinado capítulo de um livro, responder às perguntas, fizer uma palestra, da maneira como sempre fizemos, então a Internet realmente não tem uma finalidade. O objetivo consiste em fazer a tecnologia funcionar em educação, e, assim sendo, é necessário mudar completamente a visão do professor do que é ensinar e do que os alunos deveriam estar aprendendo. Se vamos testar, por exemplo o que o aluno aprendeu com um teste de múltipla escolha, então estaremos melhor utilizando um livro, e não a Internet. Mas se vamos avaliar a aprendizagem dos alunos como a habilidade de resolver problemas relacionados com uma certa matéria, então a tecnologia desempenha um papel maravilhoso, mas é uma maneira totalmente nova de ensinar. É o que nós chamamos de mudança de paradigma. Uma mudança no nosso modelo do que é a Educação e do que a Educação deve ser." (grifo e tradução da pesquisadora).

A professora entrevistada, sempre aborda a Tecnologia como sendo carregada de possibilidades, mas postula que se deva envolver e ajudar os professores a refletirem sobre o processo ensino/aprendizagem diante do cenário tecnológico. Deve-se envolvê-los em projetos que utilizem a tecnologia com objetivos definidos.

Ainda nessa perspectiva, essa professora acredita que esse trabalho de conscientizar os professores da importância e possibilidades da tecnologia não se constitui em um trabalho a curto prazo, isto é, não se pode fazer alguns "workshops" e esperar que tudo comece a acontecer imediatamente na sala de aula. Por outro lado, deve-se trabalhar com os professores no desenvolvimento de projetos, em horas extras e por um longo tempo, explorando as

[44] Esclarece-se que o projeto *Aventuras em Supercomputação*, será abordado na entrevista com a Profa. Jill.

potencialidades da tecnologia. Desse modo, a referida professora, acredita que os professores podem então perceber as conexões da tecnologia com as suas aulas.

Nesse sentido, a professora comenta que costumava fazer "workshops" de um dia, ou duas tardes com os professores sobre a utilização de computadores na educação, mas avaliou vários aspectos e resolveu parar de atuar desse modo, pois ela sentia que não fazia nenhuma diferença. Acontecia que os professores iam para as suas salas de aula e reproduziam com seus alunos o que tinha sido feito com eles, sem uma determinação e vontade de desenvolver mais, ir mais além. Dessa forma, a professora Pia decidiu então colocar sua energia em projetos a longo prazo, em propostas que podiam realmente fazer uma diferença significativa, no processo ensino/aprendizagem. Assim sendo, ela e alguns professores envolveram-se com teorias diversas e analisaram o que os diversos teóricos pensam sobre qual pode ser o impacto da tecnologia.

- **Novas Tendências para Tecnologia e Educação**

Segundo a professora Pia, a grande atração no momento, nas escolas, é a Internet. Para as escolas, a Internet é a tecnologia do momento. Explicita essa concepção dizendo que quando os computadores saíram, os professores correram para comprar um, com o objetivo de ensinar programação. Como eles não ficaram satisfeitos com programação, eles decidiram então que ensinariam resolução de problemas. Depois disso, deixaram tudo isso de lado e se entusiasmaram com processadores de texto e diversos softwares. Depois disso, passaram a utilizar "hypermedia"[45] e "hypercard"[46], e todas as aplicações dessa multimídia. Mas, no momento, nas escolas, os professores estão correndo para conectarem-se na Internet, por razões que não sabe ainda. Ela afirma que "se perguntarmos aos professores porque eles precisam da Internet em suas salas de aula, eles ficam olhando para você, sem saber o porquê". Eles não possuem uma imagem, definida das potencialidades da Internet, afirma a professora entrevistada, e eles ainda não descobriram o que fazer com hypermedia e processadores de texto. No momento, de acordo com a professora mencionada, nos Estados Unidos, "a febre" consiste em conectar as escolas na Internet.

Ainda sobre as novas tendências da Tecnologia e Educação, a professora postula que a realidade virtual é a tendência atual no desenvolvimento acadêmico, mas não nas escolas. Fornece o exemplo de várias aplicações de realidade virtual, que possibilitam o ensino de conceitos de ciências, desenvolvidos por Chris Deedee na Universidade George Mason, mas esses exemplos ainda não estão nas escolas. Ressalta ainda que existem dois tipos de tendências, as tendências nas escolas e as tendências acadêmicas. Se analisar-se o que os acadêmicos estão tentando desenvolver e testar, talvez estes desenvolvimentos cheguem até as escolas mais tarde.

Em sua opinião, a realidade virtual é uma tendência acadêmica, mas não está presente nas escolas ainda. De certa forma, a professora Pia acha que realidade virtual é apenas uma extensão da simulação baseada no computador, e só vai ser aceita nas escolas e compreendida plenamente como uma ferramenta educacional quando professores se desvincularem de respostas certas e erradas para a experimentação e a generalização e o desenvolvimento de conceitos, em oposição a resultados específicos de conhecimento. Segundo suas palavras:

---

[45] Hypermedia é um ambiente computacional que permite conectar informação, som, vídeo, animação, gráficos estáticos, ícones, e/ou outros formatos através de "hyperlinks".

[46] Hypercard é um software de autoria para computadores Apple.

> "Isto significa uma mudança difícil para os professores e para os pais também, pois eles tendem a achar que o que funcionou para eles, deve funcionar também para os alunos, e que o que eles tiveram deveria ser o mesmo para as crianças, mas isso não é verdade." (tradução da pesquisadora).

- **Softwares Recomendados no Contexto Educacional**

Nessa interação, questionou-se à referida professora sobre os diversos softwares que podem ser utilizados na sala de aula, como um recurso valioso no processo ensino/aprendizagem. A professora Pia esclarece que, em sua opinião, a escolha e a utilização de um software específico relaciona-se com os objetivos que se deseja alcançar, isto é, o professor deve definir quais são os objetivos que deseja atingir em sua classe, com a utilização de um determinado ambiente computacional.

Ainda nessa perspectiva, menciona ainda que os softwares tipo ferramenta, como planilhas eletrônicas, bases de dados, processadores de texto e programas gráficos são ferramentas maravilhosas para se trabalharem na Internet. São ferramentas adequadas para as crianças resolverem um problema e então apresentarem a sua solução, criando até mesmo vídeos, e mostrando os conhecimentos envolvidos. Acredita ainda que deixar essas ferramentas disponíveis aos alunos no desenvolvimento dos muitos domínios do conhecimento, seja realmente um passo importante. Diz ainda que aprecia simulações, pois acredita que elas envolvam os alunos em um processo de busca e investigação de novas estratégias para resolverem seus problemas. Segundo suas palavras: "as simulações parecem ser um jogo, mas não são. Elas fazem com que os alunos desenvolvam conceitos fundamentais em oposição a certas respostas".

Ainda sobre simulações, a professora citada menciona que existem inúmeros tipos de simulações, porém, o professor deve escolher a simulação mais adequada, de acordo com os objetivos que deseja atingir em sua classe no desenvolvimento de um determinado conceito. Explicitando essa idéia diz que, "Se você está ensinando História Mundial, há uma simulação chamada Civilização, que é ótima, mas a mesma já não seria recomendada se você não estivesse ensinando História Mundial". Porém, também gosta muito de vídeo e, ela analisa o vídeo hoje, como uma tecnologia esquecida. Enfatiza que existe a possibilidade de se integrarem a tecnologia, vídeo e computadores. A televisão faz parte ativa na vida de nossos alunos, e faz-se necessário conscientizá-los que eles devem assumir uma postura crítica ao assisti-la. Porém, menciona que, faz-se necessário ensiná-los a construir e compartilhar seu próprio conhecimento e pontos de vista através da produção de vídeos. Trata-se, pois, de uma tecnologia que a referida professora, tenta encorajar os professores a utilizarem mais em suas aulas.

Segundo a professora entrevistada, existem muitas simulações que se referem a vários domínios do conhecimento, mas que na verdade exigem muito pensamento matemático. Cita como exemplo, um simulador de vôo, um simulador espacial, que exige conhecimentos de Física e de Matemática. Há muitas simulações que dão a impressão de simulações comerciais, por exemplo, simulações para crianças pequenas gerenciarem uma pequena mercearia, ou uma outra simulação na qual elas necesitam gerenciar lojas de pizza. Segundo sua concepção, todos esses tipos de ambientes computacionais exigem noções e conceitos sobre matemática comercial e financeira.

- **Linguagem Computacional Logo**

A professora entrevistada mencionou que a programação em Logo é uma maneira ótima de ensinar relações matemáticas, de acordo com as suas próprias palavras: "Logo não ensina computação, ensina matemática".

Ainda sobre Logo, perguntou-se se ela conhecia professores em Albuquerque, usando Logo?

Ela disse que não, mas ressalta as potencialidades desse ambiente no desenvolvimento e na construção do conhecimento. Enfatiza ainda que, em algumas escolas, segundo os depoimentos de alguns professores, os cursos de matemática são estruturados de forma que os alunos terminem o conteúdo e passem para a sua próxima turma de Matemática. Não dá para tomar tempo ensinando Logo, pois eles precisam terminar o livro para que eles possam passar para Álgebra II.

Assinala ainda que existe muita Matemática no projeto *Aventuras em Supercomputação*. Esse projeto envolve os alunos na identificação de um problema que pode ser resolvido com um modelo matemático. Assim sendo, os alunos desenvolvem aquele modelo e montam uma apresentação. Em sua concepção, esse contexto propicia aos alunos uma excelente aprendizagem matemática, mas não é em si mesmo, uma aula de Matemática. Os alunos não recebem crédito em Matemática, mas sim em programação de computador. Isto não é considerado uma aula de Matemática, é uma aula extra-curricular de computação, mas está usando Matemática para resolver problemas reais. Estes são os aspectos que vão de encontro à filosofia educacional da professora pesquisada, conforme suas palavras, "em vez de ensinar Matemática pela Matemática, você envolve as crianças na identificação e resolução de problemas ao mesmo tempo que estará ajudando-as a desenvolver maneiras matemáticas para resolver o problema".

- **Computador como um Recurso Valioso no Processo de Ensino/Aprendizagem e no Processo de Construção do Conhecimento**

Sobre esse aspecto, a professora Pia recomenda a leitura de seu livro, *Teaching with Tecnology*, publicado no início de 1998, o qual apresenta sobre as diversas maneiras que as novas tecnologias podem ser utilizadas pelos professores em suas aulas, no processo de construção do conhecimento. O referido livro aborda o desenvolvimento de oportunidades e ambientes de aprendizagem que promovam a noção construtivista. Em sua concepção, os alunos constroem mesmo o seu próprio conhecimento, e desse modo, ao envolvê-los em um currículo baseado em resolução de problemas e ainda, delineando objetivos e atividades que eles possam utilizar para resolver esses problemas, estar-se-á promovendo uma aprendizagem construtivista. Conforme suas palavras, "o mais importante é que para realmente fazer diferença, nós temos que repensar nossas definições de aprendizagem e as relações entre professores e alunos".

2.3.4.1.3) Profa. Dra. Nadir

Nadir é uma professora da Universidade do Novo México (New Mexico University) e pesquisa temas referentes à tecnologia e Música, trabalha ainda com cursos de Música para professores, abordando fundamentos teórico-metodológicos sobre a introdução e disseminação de computadores na Educação Musical.

- **Experiências com Tecnologia**

A professora entrevistada mencionou que, antes de 1993, quase não tinha experiência com tecnologia, sendo portanto, uma linha de investigação recente de sua carreira, uma dos mais interessantes. Está também interessada em oportunidades multidisciplinares e, assim sendo, acredita que a tecnologia vai oferecer a ela o ponto de encontro entre disciplinas. Conforme suas palavras: "é uma ferramenta para uma grande parte do futuro e nós exploramos muito pouco este potencial até agora".

- **Exemplos Desenvolvidos com Tecnologia**

Um dos sonhos da referida professora, que espera brevemente, transformar em projeto, no qual explora as potencialidades da tecnologia em Música, reside em pesquisar os seus alunos em Música interagindo com outros, através da Internet, em um pequeno estúdio com um computador pequeno, no qual, um aluno desta professora, esteja tocando Bach e um outro aluno, de uma outra universidade, ou mesmo de um outro país, esteja tocando Mozart. Esta seria uma maneira como esta professora gostaria de usar computadores este ano, ela poderia ouvir Bach e ver o aluno dela, ou ainda, seu aluno poderia ouvir o outro aluno tocando Mozart e fazer algumas interferência, tais como, "Acho que o tempo está muito rápido, e a sua postura está um pouco relaxada, ou mesmo, inapropriada, entre outros aspectos".

Ressalta que esse projeto pode não ser perfeito, mas que gostaria de ver até que ponto pode-se levar um projeto como esse, num ambiente normal, em um estúdio, com um computador pequeno, e ainda, questiona, "Poderíamos melhorar o nosso ensino através de novas ferramentas, sem ter o problema e a despesa de ir para um estúdio grande no qual se encontra o "estado da arte" da Música?" (tradução da pesquisadora).

Sobre esse aspecto, enfatiza que as possibilidades tecnológicas que existem hoje eram quase incompreensíveis há dez anos atrás. Em outras palavras, pode-se fazer uma página para contar ao mundo o que se está fazendo, com um custo mínimo.

Em 1995, ela recebeu fundos de uma agência federal chamada Corporation of Public Broadcasting, com o objetivo de encontrar uma maneira de como utilizar a Internet como uma ferramenta, ou um instrumento de aprendizagem no desenvolvimento de um projeto que trataria de uma relação entre a universidade e uma escola de 1ª a 4ª série do ensino fundamental de Albuquerque. Mas teria que incluir também uma estação de rádio, uma vez que era uma agência de rádio que estava financiando o projeto, e eles queriam que esse projeto privilegiasse o uso não tradicional do rádio.

Assim sendo, nesse projeto, a referida professora, mencionou que já tinha uma parceria com uma escola elementar em Albuquerque. Esta escola estava convidando para a participação do projeto, professores de música, pois a escola havia abolido música, de seu currículo. Sugeriu então desenvolver nessa escola, um projeto denominado, "Imersões em Música" e, assim sendo, resolveu dar uma abordagem tecnológica ao ensino de música dessa escola. Dessa forma, utilizou a **tecnologia como uma ferramenta para ensinar sobre as culturas mundiais, mas usando a música como um símbolo de cultura**. Nesse projeto, utilizou a Internet com as crianças, pela primeira vez, e elas gostaram muito.

Menciona ainda que havia uma equipe de profissionais, atuando nesse projeto, tais como, uma professora formada em Artes que começou a atuar junto com uma professora de tecnologia. Assim sendo, descobriu que havia um profissional na escola de medicina que estava trabalhando bastante em educação médica à distância, conectando todas as escolas de 1ª a 4ª série do ensino fundamental, de certa parte do Novo México com a escola de medicina da universidade, UNM com o objetivo de abordar educação e saúde. Menciona que, embora esse profissional de medicina não fosse da área de artes, um músico, ou um cientista da computação, ele tinha uma experiência especial sobre como fazer uma conexão entre uma escola elementar e a universidade. E havia o diretor de música da estação de rádio. E também alguém que entendia muito de audio, então formou-se um time de seis pessoas que participaram do projeto. Assim sendo, dois dos profissionais estavam na estação de rádio, um era o engenheiro de audio (som), outro era da parte artística, uma outra profissional atuava junto às crianças, e ainda um outro que era o microbiologista, que conhecia tecnologia muito bem e que sabia como fazer a conexão da escola com a universidade.

É importante ressaltar que, de acordo com as palavras da professora entrevistada, "O que eles todos descobriram foi que cada um deles trouxe uma especialidade para o projeto, mas era necessário que todos os seis estivessem sempre presentes. Se um membro não estivesse lá, a equipe não teria funcionado com sucesso." (tradução da pesquisadora).

Assim sendo, nesse projeto, um dos profissionais criou um currículo que envolvia as crianças em uma exploração sobre tecnologia, a partir das ferramentas mais simples. A professora entrevistada mencionou que havia uma escola em Queensland, na Austrália na qual as crianças estavam "on line". Então as crianças participantes do projeto, e as pertencentes a Queensland, mantiveram um diálogo por vários meses. Toda semana elas trocavam mensagens. Umas aprenderam sobre o que as outras faziam, sobre algumas características americanas, o que era "rootbeer", um refrigerante americano, sobre futebol, e sobre os símbolos da cultura dos USA e da Austrália. Assim sendo, as crianças começaram a falar e discutir na Internet sobre música. A música de que elas gostavam, a de que elas não gostavam, aspectos relacionados com a música aborígine na Austrália, a música nativa americana, a cultura Navajo (tribo indígena americana), entre outros aspectos. Nessa interação, as crianças se tornaram familiarizadas com composição musical por "e-mail", e assim sendo, criaram uma página na Web.

Ainda nessa perspectiva, a professora Nadir enfatizou que as crianças se envolveram em tarefas que faziam parte do projeto, acima mencionado. Uma das tarefas, consistia em escolher um país e pesquisar sobre a música daquele país. Elas podiam escolher entre os países: Brasil, China, Rússia, cultura Navajo, e Irlanda. As crianças encontraram coisas diferentes sobre a música e a cultura dos diversos países pesquisados, e colocaram na "home page" exemplos dos tipos de música. Um dos projetos consistia na composição de músicas, improvisavam alguns arranjos, e depois os colocavam em uma página da Web. Elas tiveram uma experiência de dezesseis semanas na qual elas aprenderam a se comunicar por "e-mail", pesquisaram sobre diversos países, compuseram músicas, e construíram uma página na Web. Tiveram então um acompanhamento de oito semanas nas quais, duas das profissionais, integrantes do projeto, trabalharam com hypercards e hypertext[47], mostrando para as crianças as potencialidades desses ambientes.

[47] Hypertext: trata-se de um texto no qual trechos são ligados a outros trechos, através de "hyperlinks".

Segundo a professora, um aspecto positivo, que acrescentou muito ao projeto relaciona-se ao fato de poder contar com o time, a equipe, e a oportunidade de ter a universidade se comunicando com uma escola, trabalhando juntos em objetivos comuns, qual seja, explorar as capacidades e potencialidades da Tecnologia das crianças em formação. De acordo com a professora entrevistada, a agência federal também se envolveu no projeto de tecnologia, oferecendo uma recompensa de vinte e seis mil dólares, caso eles utilizassem tecnologia como uma ferramenta para o ensino.

Um outro projeto desenvolvido por essa equipe denomina-se: **Descobrindo as Necessidades e Desejos das Crianças com Relação à Tecnologia**.

A Intel Corporation, uma empresa americana, forneceu à equipe quarenta mil dólares, para eles formarem um time como aquele descrito no projeto anterior, com o intento de fazer pesquisas com crianças para descobrir o que elas querem no futuro com tecnologia. A idéia do projeto seria utilizar métodos diferentes dos habituais, por exemplo: "que metodologia nos ensinará o que as crianças querem?" A professora entrevistada, menciona que diferentes metodologias foram usadas com grupos de crianças de janeiro a maio de 1997. A cada duas semanas trabalhavam com um grupo diferente de crianças. Freqüentavam locais nos quais as crianças observavam as diversas maneiras de se utilizar a máquina de vídeo, e muitos outros recursos tecnológicos. Algumas questões norteavam o desenvolvimento do projeto, tais como: "As crianças tinham medo de mudanças? Elas gastavam dinheiro descuidadamente? Elas trabalhavam em grupo? Quais eram os seus hábitos?", entre outras. Nesse projeto sentia-se uma imersão em Tecnologia pelas crianças participantes.

Um outro projeto, com a mesma equipe, anteriormente mencionada, desenvolvido pela referida professora, denomina-se: *Design Participativo*. Consistia em oferecer às criança materiais de baixa tecnologia como, papel para colagem, cola, tesoura, partes de lego, entre outros, e um saquinho. As crianças sentavam-se no chão e tinham uma hora para realizar o projeto. A professora Nadir e a equipe de pesquisadores apresentavam o seguinte desafio para as crianças, conforme suas palavras, "Se vocês fossem construir um computador no futuro, que fosse ensinar a vocês sobre as partes do corpo, como o ouvido, como esse computador seria?" (tradução da pesquisadora). Questionava-se ainda sobre quais perguntas o computador iria responder às crianças, e como é que o computador faria isto. Um dos profissionais, participantes do projeto, especializado em medicina, solicitava às crianças temas e abordagens que envolvessem assuntos médicos, como por exemplo, a construção de um computador que se parecesse com um coração.

A referida professora menciona que foi a Los Angeles, em uma área bastante pobre da cidade, com muitos problemas econômicos e sociais, na qual. havia uma sede de artes, chamada: Inner City Arts isto é, Artes na parte central da cidade. Levou um grupo em torno de trinta crianças, algumas delas bilíngües, algumas não falavam Inglês muito bem. As crianças foram divididas em quatro grupos de sete crianças cada, e durante umas duas horas em uma tarde, aconteceram as atividades, as quais propunham o seguinte: Construir um computador que ensinasse música e som. Como é que esse computador seria, com que esse computador seria parecido? Que perguntas ele responderia para vocês? E, ainda, como ele funcionaria? Na opinião desta professora, esta foi uma das experiências mais divertidas que ela já teve, pois, o mais importante do projeto, consistiu em investigar sobre arte e tecnologia, conforme suas próprias palavras, "Como podemos trabalhar com tecnologia com as crianças, com o objetivo de enriquecer as suas experiências com artes no futuro?" (tradução da pesquisadora).

Essa mesma professora afirma ainda que as crianças desse projeto eram crianças pobres, que tinham tido muito pouco contato com a tecnologia, mas, no trabalho em grupos, fizeram coisas muito interessantes, tais como, um violão que voava com controle. A referida professora, relata ainda, sobre um novo projeto no qual utiliza a tecnologia, denominado: *Enriquecendo o conhecimento sobre Ciências através das Artes*. A idéia desse projeto consiste em selecionar alunos de pós-graduação em Biologia, Artes Plásticas e Música e envolvê-los em um objetivo comum, no qual eles seriam bem remunerados. Durante o período do verão teriam que desenvolver um currículo para uma escola de 1ª a 4ª séries, com o objetivo de utilizar Artes para ensinar diferentes conceitos de Ciências. Teriam que escolher um grande tema, como a agricultura, por exemplo, e desenvolver um currículo de dois semestres para toda a escola, no qual eles estariam usando várias disciplinas de Artes para ensinar Ciências, relacionada com tecnologia.

- **Ensino à Distância como meio de Ascensão Social**

Embora esta professora esteja começando de modo gradual com a utilização da tecnologia no ensino musical, ela acredita que o mundo está bem aberto para o ensino à distância, porém, o aspecto mais importante sobre o seu enriquecimento pessoal ao trabalhar com tecnologia e com crianças, consiste, antes de tudo, em ver a pureza das idéias que as crianças possuem. E ainda, um outro aspecto, refere-se do fato de que é muito enriquecedor trabalhar com pessoas que são especialistas em diversas áreas do conhecimento. A professora Nadir é diretora de um centro musical e gosta de trabalhar em projetos englobando várias disciplinas, em um paradigma inovador no qual a tecnologia se faz cada vez mais presente. Nesse aspecto, acredita ainda que

> "O potencial da educação à distância está além de qualquer coisa que ela conheça em sua própria mente. Atingir pessoas em áreas rurais do mundo nas quais elas não tem acesso à universidade por causa da pobreza. Há desafios em ambos os meios rurais e urbanos, apesar dos dois serem bem diferentes. Podem não ser barreiras geográficas, podem ser barreiras sociais e econômicas que não permitam às pessoas terem acesso às fontes de informação, aos recursos." (tradução da pesquisadora).

Segundo a referida professora, o que se aprende com tecnologia pode facilmente ser direcionado para melhorar a qualidade e a oportunidade de vida das pessoas, através da educação à distância. Um dos projetos em educação à distância que ela se envolveu, consistiu em oferecer os seus cursos "on line", com o objetivo de que várias pessoas em outras partes do mundo pudessem fazê-lo. Um de seus cursos, denomina-se *As Mulheres e a Solidão*. Como leciona também no departamento de Música e no Departamento de Estudos Femininos (Women's Studies), ainda ministra um outro curso chamado *As Mulheres e a Música*. Tentou oferecer estes cursos para as pessoas que não pudessem ir até lá, tentou fazer uma lista de livros e fitas e arranjar uma maneira de avaliar os alunos que não pudessem estar presentes na sala de aula, mas a tentativa não obteve sucesso, por vários motivos.

Enfatiza ainda que se pode disponibilizar o conteúdo do curso na Web. Em qualquer lugar do mundo, as pessoas poderiam ver o programa na Web e fazer os cursos oferecidos. Um de seus objetivos para o futuro, consiste em colocar um curso seu "on line". Acha que o que será bem respeitado no futuro é algo para as pessoas aprenderem como dar um curso e obter créditos em uma certa universidade, isto é, se alguém quiser fazer um curso, mas estiver preso em casa numa cadeira de rodas, por exemplo, ou doente, na Amazônia, poderá fazer o curso "on line" em uma universidade. Terá que passar também pelo processo de inscrição, de recebimento de créditos, com o objetivo de entrar num programa para obter um diploma que

seria tão útil para eles quanto para alguém que estivesse freqüentando as aulas em uma universidade.

- **"Estado da Arte" em Tecnologia e Educação**

Questionou-se à referida professora, qual seria na sua concepção, o "estado da arte" em tecnologia e Educação. Refletindo, respondeu que este seria um tema que teria uma resposta diferente para muitas pessoas. Acredita que muitas das melhores universidades que possuem uma enorme responsabilidade em determinar o "tom" do futuro, não possuem a infra-estrutura, ou ainda não foram convencidas da importância da tecnologia. Acredita que a maioria das pessoas ainda está "espantada". Cita como exemplo, algumas pessoas que encontrou no Vietnã, em uma conferência sobre tecnologia e Educação.

Nesse contexto, enfatiza que no Vietnã, as pessoas estão apenas começando a "olhar para tecnologia", mas elas sabem que tecnologia envolve muitos aspectos, com inúmeras dimensões, que elas ainda não conhecem. Elas estão muito interessadas, querem se conectar com outras universidades mais avançadas, sabem que precisam saber mais sobre tecnologia. Nesse sentido, a professora entrevistada diz que o "estado da arte" em tecnologia é muito desigual, existe um grande leque de abrangência, e não há nenhum denominador comum para a tecnologia".

- **Computador como uma Ferramenta Necessária para a Vida**

Nessa entrevista abordou-se sobre a importância do computador na vida das pessoas, e dessa forma, a professora entrevistada relata que, em uma revista, chamada Atlantic Month, há um artigo afirmando que o computador está prejudicando o sistema educacional, pois existe um tipo de pressuposição que "o computador é bom e irá resolver todos os nossos problemas", e por esse motivo, todos estão "seguindo a moda" e gastando enormes quantias de dinheiro em tecnologia sem refletirem mais cuidadosamente sobre essa temática. Por isso, essa professora questiona: "Quem vai ensinar a usar a tecnologia? E o papel da tecnologia no desenvolvimento profissional?".

Sabe-se do poder e das potencialidades da tecnologia em criar oportunidades maravilhosas para ampliar a especialidade de cada um, mas, para ela, esta situação de transição é extremamente importante. Em sua concepção, toda escola que for utilizar tecnologia, deverá necessariamente contar com a presença de especialistas que possam ajudar na utilização da tecnologia como um recurso importante e valioso no processo ensino/aprendizagem.

O artigo da revista, mencionado acima, afirma que não se deveria usar computadores nas salas de aula, isto é, deveria haver um retorno às Artes. Esses aspectos envolvem muita competição e disputa por parte dos idealizadores, tudo é competitivo, diz a professora entrevistada, pois se, por um lado, coloca-se muitos recursos em computadores, por outro lado, pode-se não estar investindo recursos em outros aspectos do currículo. Nesse sentido, acha que a tecnologia é muito poderosa, mas supor, sem muito cuidado, que será muito útil, em sua opinião, é um erro. E ainda, pensar também que a tecnologia vai automaticamente fazer as pessoas mais inteligentes sem a educação básica, é outro erro. Conforme suas palavras,

> "Se não fosse pela educação básica de cada pessoa da equipe dos vários projetos em tecnologia, desenvolvido por nós, não teria sido possível pensar em um uso criativo da tecnologia. Não é porque eles sejam especialistas em tecnologia, mas, acima de tudo, foram os outros mundos nos quais eles estão inseridos, cada um com sua especialidade, que informaram a eles como usar o computador." (tradução da pesquisadora).

- **Internet como forma de aprender**

Na concepção da professora entrevistada, os alunos aprendem muito com a Internet. Porém, a Internet pode ser maléfica também. Nesse aspecto, a professora entrevistada mencionou que tomou uma medida através da qual seus alunos tiveram que assinar contratos com a Internet, pois assim sendo, mostrava-se a eles que era um privilégio poder acessar a Internet, e seus pais tinham que assinar, e estarem cientes disso. O contrato dizia: "Eu prometo entender que a oportunidade de usar a Internet é um privilégio e eu vou tratá-la com respeito, e vou seguir as instruções dadas pelos professores". O ritual que eles tinham para assinar o nome era muito importante. Agora muito mais crianças, na escola estão usando a Internet. Enfatiza ainda que as crianças têm muito o que aprender com a Internet, porém, em sua opinião, o problema é como "dar forma" a essa aprendizagem.

- **Tendências para Tecnologia e Educação**

Sobre esta temática, a referida professora ressalta que as novas tendências em tecnologia e Educação, estão objetivando, cada vez mais, conseguir dinheiro para as relações comunidade/universidade, descobrindo maneiras fáceis e simples de se usar tecnologia na sala de aula, e desse modo, enriquecer o que se está fazendo, sem muito problema, sem muita reflexão a respeito. A professora entrevistada questiona, "Que filosofia se quer dar à tecnologia? Como você acha que a tecnologia pode definir o futuro?". Enfatiza ainda que o melhor é utilizar a tecnologia de uma maneira equilibrada, como uma ferramenta preciosa e importante para o desenvolvimento e bem estar das pessoas. Em sua opinião, não basta apenas supor que a tecnologia seja uma boa ferramenta em si mesma, sem envolver uma reflexão profunda e muito cuidadosa.

- **Softwares utilizados no ensino**

De acordo com a professora entrevistada, *CU-SeeMe*[48] é muito interessante para ser utilizado em sala de aula. As crianças podem ainda utilizar programas de artes gráficas, e desse modo, elas aprendem a ser parceiras em "design". Diz que toda essa área de "design" é muito fascinante, e funciona em diferentes domínios do conhecimento, tais como, Engenharia, Matemática, Artes, entre outros. Em sua opinião, acredita que quase tudo é "design" de uma certa forma, e, assim sendo, acha que se pode aprender muito sobre o que é "design" com o computador. Acredita ainda que, provavelmente há muitos softwares para serem usados dessa forma.

---

[48] *CU-SeeMe*: trata-se de um programa de computador desenvolvido na Universidade de Cornell, nos Estados Unidos, que permite a transmissão de som e imagens em tempo real pela Internet. *CU-SeeMe* tem sido utilizado para video conferências. A versão acadêmica pode ser obtida gratuitamente no endereço http://cu-seeme.cornell.edu. Existe uma versão comercial, que permite a transmissão de imagens coloridas, chamada de *Enhanced CU-SeeMe at White Pine*.

2.3.4.1.4) Profa. Dra. Alice

Alice é uma pesquisadora da UNM e desenvolve ambientes multimídias para crianças. Passou muito tempo pesquisando no MIT onde desenvolveu *NOOBIE*, um computador/Muppet, com um metro e meio de altura, um artefato que substitui o "mouse" e o teclado do computador. Ela trabalhou também no Laboratório de pesquisa da Universidade de Nova York, onde era Diretora de Programas Educacionais para Profissionais de Multimídia (Educational Programs for Multimedia Professionals). Sua pesquisa inclui o desenvolvimento de ambientes "imersivos", ambientes multimídia experimentais, nos quais as pessoas "imergem" em experiências educacionais.

- **Experiências com Tecnologia e Educação**

A referida professora relata suas experiências com tecnologia, mencionando que como artista, começou a se preocupar com computadores. Possui um diploma em Artes Plásticas (Belas Artes) em "design" gráfico. Iniciou seu trabalho usando computadores e detestava a maneira como eles funcionavam, achava que eles eram muito difíceis e então, começou a pensar sobre possíveis projetos de novos computadores. Comenta que foi para o Media Lab no MIT, para elaborar o "design" de um sistema de projeto gráfico para pessoas como ela. Dentro de meio semestre, o grupo que estava trabalhando com materiais relacionados à tecnologia convidou-a para participar do grupo, em que Alan Kay e Marvin Minsky trabalhavam, denominava-se: Vivarian. Conforme esta professora esclarece, seu objetivo consistia em tornar os computadores cada vez, mais fáceis para as pessoas que não são da área de computação. Então a experiência dela, em termos de projetar um computador, um grande computador como um "animal de pelúcia para crianças", foi perceber que uma ferramenta do futuro, não precisaria parecer com tudo o que ela já havia presenciado em sua vida. Um preocupação que sempre a incomodou consistia em: como tornar os computadores mais fáceis e divertidos?

Comenta ainda que, assim que começou a trabalhar com crianças, percebeu que não sabia muito sobre elas, como pensam, e assim sendo, percebeu também que precisaria trabalhar com as crianças como parceiras de "design". Percebeu também que era hora de aprender a teorias subjacentes aos processos de pensamento das crianças. Cursou então a faculdade de Educação, e ressalta que, mesmo tendo estado na Faculdade de Educação, ela não mudou em nada sobre a maneira como ela trabalhava com as crianças, mas enfatiza ainda que, com as teorias aprendidas, ela pôde dar nomes e entender melhor o que as crianças faziam, compreender melhor porque as crianças agiam de uma certa forma, faziam certas coisas, e ainda, como isso poderia ser útil para professores na sala de aula e também para os professores-pesquisadores.

Assim sendo, trabalhou em escolas por quatro anos, e continua trabalhando com crianças, desenvolvendo projetos a partir da perspectiva de uma artista e, dessa forma, assinala que ela compreendeu que realmente "não faz as coisas sem as pessoas que sabem melhor sobre o que essas coisas são", e é por isso que ela trabalha com crianças. A perspectiva dela é muito diferente da maioria dos chamados pesquisadores técnicos educacionais. A maioria das pessoas pensa sobre o impacto que a tecnologia desempenha na aprendizagem das crianças. A referida professora, por outro lado, pensa em como as crianças podem ter um impacto com a tecnologia, como podem influenciar a tecnologia, e ainda, pensa em como se pode mudar a tecnologia por causa das crianças. A maioria das pessoas diria que esta professora é uma "falsa educadora", pois ela não pensa sobre as coisas reais, as

teorias, pensa sobre o que faz as crianças diferentes como usuárias. Em sua concepção, está mais próxima de uma cientista da computação, no sentido de que ela faz as coisas, ao mesmo tempo, é uma educadora pensando e refletindo sobre teorias da aprendizagem. Mas, ressalta que pelo fato de fazer coisas para crianças, as pessoas dizem que ela não se encaixa em nenhum dos dois lugares.

Nessa interação, a referida professora mencionou que desenvolveu uma ferramenta de desenho para crianças, chamada *Kid Pad*. Essa ferramenta consiste em "o que se faz quando substitui-se as metáforas tradicionais do Windows e ícones, que tipos de novos símbolos pode-se criar para as crianças, para as suas ferramentas de desenho?*"*. De acordo com a professora entrevistada, ela e a sua equipe, trabalharam com crianças por algum tempo, deixando que elas fossem os seus parceiros de "design", eles observavam o que as crianças faziam, e perguntavam: "Se você pudesse fazer alguma coisa do futuro, o que você faria?" Descobriu-se que há uma certa confusão para as crianças entre o ícone e o cursor. Sabe-se que quando se pega uma ferramenta de desenho na tela e começa-se a desenhar, o cursor se transforma numa seta. Não é exatamente aquele ícone que foi selecionado. Nesse caso, o que você vê é o que você possui, no momento. Segundo suas próprias palavras,

> "A idéia era de que as ferramentas são tão confusas que as crianças usam o tempo todo, mas as ferramentas no computador não são confusas. Essas ferramentas estão em linha reta e em menus e as crianças queriam um ambiente bagunçado. Então o que criamos foi o que chamamos de "Ferramentas Locais". Dá-se um duplo clique e pode-se deixar as ferramentas espalhadas pela tela em qualquer lugar, e entrar ou sair para conectar informação de lugares diferentes." (tradução da pesquisadora).

Segundo a explicação da professora, essas "Ferramentas Locais", tornaram o processo muito mais intuitivo pois, as crianças pegavam um lápis ou um "crayon" e o deixavam em qualquer lugar que elas desejassem. A maioria das crianças e dos adultos queria uma caixa de ferramenta que fizesse a limpeza quando terminasse a atividade. Assim sendo, nas "Ferramentas Locais", há um botão mágico que coloca todas as ferramentas em ordem novamente. Comenta que, às vezes, as crianças se divertiam mais limpando todas as ferramentas. Um dos aspectos importantes percebidos pela referida professora, é que as crianças tinham se tornado "contadoras de histórias". As crianças gostavam de desenhar e fazer coisas, e quando se lhes solicitava para contar o que fizeram, elas criavam uma história. Era possível conectar imagem para poder contar uma história. As crianças contavam histórias sobre o que era relevante para elas. Não há texto, trata-se de uma ferramenta de apoio para as crianças pré-alfabéticas ou não alfabetizadas. Neste ambiente, muitas crianças apresentam problemas com Inglês, e, dessa forma, as crianças apenas desenham.

Ainda sobre esse ambiente, ressalta que está tentando expandir e aperfeiçoar esta ferramenta, tornando-a uma ferramenta colaborativa para que as crianças possam trabalhar juntas, com dois "inputs" ou dois "mouses". Mencionou ainda que testou essa implementação em uma conferência e as crianças ficaram "malucas", adoraram trabalhar juntas. Comenta ainda que para desenvolver essa idéia, trabalhou com crianças de 3ª e 4 ª série do ensino fundamental, mas as crianças que usaram essa ferramenta eram muito mais novas, três a quatro anos, mas elas poderiam ser mais velhas. Qualquer criança sabe como pegar um pauzinho e rabiscar o chão, e é isso que essa ferramenta faz lembrar, pois pega-se esse "pedacinho de pau" e começa-se a desenhar. Conta que trabalhou com quatro classes diferentes de crianças em uma escola de ensino fundamental da cidade. Nessa pesquisa, havia uma boa mistura de crianças de diferentes origens ("backgrounds") e também de diferentes níveis de habilidades. Trabalhou com duas escolas diferentes, com três classes diferentes.

Essas classes eram na maioria crianças de bairros de baixa renda, de muita rotatividade. Essas crianças estavam emigrando o tempo todo, e viviam em "trailers".

Ainda nessa perspectiva, comenta que há duas escolas de ensino fundamental: Lowel Elementary e Hawthorn Elementary que se localizam perto uma da outra e possuem uma população diversificada de crianças. Há crianças que não são a primeira geração americana, crianças que emigraram do México ou outro lugar parecido. Em sua concepção, o importante é que as pessoas se concentrem em maneiras novas e interessantes de como fazer tecnologia para as crianças. As crianças estavam utilizando ferramentas chamadas de "baixa tecnologia" e "Storyboards" (quadros de histórias) nos quais, criavam quadros e "flowcharts" (fluxogramas).

De acordo com a referida professora, uma das atividades preferidas dos alunos consistia em "fazer coisas dentro de coisas". Os alunos tinham uma varinha mágica com a qual eles podiam pegar as coisas e eles tinham também um scrapbook (um livro com folhas em branco, no qual as crianças podiam colar várias coisas), e se clicassem nas figuras coladas, obteriam várias outras figuras. Havia também uma borracha para apagar os desenhos, e uma caixa mágica de ferramentas para trazer tudo de volta.

Segundo esta professora, este software ainda está em desenvolvimento. Em mais ou menos seis meses a um ano, ele estará estável, e poderá ser levado para as escolas. Nesse projeto de desenvolvimento de softwares para crianças, a referida professora, está tendo o apoio da Intel.

Nessa interação, questionou-se à referida professora sobre o livro que escreveu sobre "design" de ambientes multimídia para crianças[49]. Nesse sentido, comenta que, quando pensa em tecnologia, conversa com seus alunos, caminha com eles pelos arredores, mostrando diversas coisas. Juntos fazem uma "caminhada como se passeassem em um museu vendo o que é bom e o que é ruim", além de outros aspectos. Explicita que a primeira parte de seu livro é como essa "caminhada" com os alunos. O livro traz exemplos de "living books", livros de histórias interativas em CD, que as crianças adoram. Menciona ainda que a utilização desse tipo de software**,** baseado em ferramenta, como a mídia expressiva, como *Kid Pix* ou *Kid Pad*, a impressão que se terá é a de que as crianças estão fazendo as suas próprias coisas. A professora entrevistada, explica que o seu livro faz basicamente esta "caminhada". Os dois últimos capítulos analisam o processo de "design".

- **"Estado da Arte" em Tecnologia e Educação**

Esta mesma professora acredita que o trabalho com Lego-Logo, aponta na direção de tendências sobre tecnologia e Educação. Essa abordagem é importante pois, retira das crianças a idéia de que tudo deve acontecer na tela e segundo suas palavras, "O usuário pode controlar o seu ambiente, controlar as peças e movê-las de acordo com o que faz sentido para ele". E ao fazer isto, aprende-se muito sobre os tipos de coisas diferentes, aprende-se sobre o conteúdo de diversas áreas do conhecimento. Conforme suas palavras:

[49] Druin et al. (1996) *Designing Multimídia Environments for Children*.

> "Este é um exemplo maravilhoso, e um outro exemplo é *Kid Sim*. É da Apple e é um ambiente de programação para as crianças criarem suas próprias simulações podendo fazer sua própria *Kid Sim* ou *Sim City*. Ao contrário de estar oferecendo às crianças um *Sim City*, é pedido a elas que pesquisem e sejam designers da *Sim City*. Então as crianças não têm apenas que pensar sobre o conteúdo ao interagir com esse ambiente, mas vão além." (tradução da pesquisadora).

Em ambos os exemplos, trata-se de mídia expressiva. Enfatiza ainda que a maioria do que se observa na sala de aula hoje, relacionado com tecnologia e Educação, são livros-texto interativos. Quanto a esses livros, a professora faz uma crítica, "Há o texto interativo e é como se disséssemos às crianças, aqui está algo interessante, aprendam com isso. Ao invés de dizermos, aqui está um problema, vamos fazer algo. Ao fazer algo, acaba-se aprendendo esse algo que se faz." (tradução da pesquisadora).

- **Exemplos de Projetos com Crianças**

Kid Pad é o projeto com o qual ela estava trabalhando na universidade. Em *Kid Pad* a idéia reside em como fazer um ambiente de desenho que permita às crianças conectar informações de modo que não sejam apenas um típico hipertexto. Essa professora está pesquisando, no momento, como as crianças e adultos trabalham juntos para serem parceiros de "design", com o objetivo de fazer e inventar coisas novas, sempre refletindo quais e como são as metodologias quando as pessoas trabalham juntas. Acredita, ainda, que se **criarem melhores metodologias**, poder-se-á, cada vez mais, contribuir na criação de uma **melhor tecnologia**.

- **Computador como uma Ferramenta Importante e Necessária**

A professora entrevista acredita que o computador permite que se expresse de várias maneiras com as quais se sente confortável, conforme suas palavras,

> "É uma ferramenta que pode ser muitas coisas para muitas pessoas. O problema é que muitas das ferramentas que oferecemos para as crianças permitem que elas sejam apenas uma coisa, que elas expressem apenas de uma forma, mas o computador permite que as crianças se expressem de muitas maneiras diferentes. Elas podem ser artistas, pesquisadores e tudo mais." (tradução da pesquisadora).

Reforçando a idéia de que o computador é uma ferramenta importante e necessária para os alunos e professores, esta professora diz que o computador funciona como um catalisador para mudar o que os professores fazem. De acordo com suas palavras,

> "O computador dá aos professores uma boa desculpa para olharem para o que eles fazem e analisarem o porquê de estarem fazendo desta forma. O computador requer que os professores façam algo além de simplesmente colocar-se em frente da classe e passar informações. O computador diz aos professores que giz, livro e papel não são as únicas maneiras pelas quais as pessoas podem aprender. O computador requer que o professor repense a maneira como eles próprios aprenderam, e o computador também leva a sala de aula para um espaço diferente e uma dinâmica diferente." (tradução da pesquisadora).

- **A Internet como um Ambiente de Aprendizagem**

Nessa interação, questionou-se à referida professora se os alunos, utilizando a Internet, constroem realmente o conhecimento, ou somente se a utilizam como uma ferramenta mais sofisticada. Quanto a esta questão, a professora responde que os alunos podem ou não construir conhecimentos pela Internet, dependendo de como eles a utilizam. Assim sendo, explicita sua idéia, dizendo que se o professor utiliza a Internet como um livro-

texto interativo, e diz aos alunos que eles precisam ler tudo sobre as baleias, então nesse caso, a Internet é tão ruim quanto dar aos alunos uma infinidade de livros ruins sobre baleias. Ou ainda, você pode utilizar a Internet como uma maneira de publicar as idéias dos alunos e como uma ferramenta para fazer os alunos interessados se tornarem editores de algo produzido por eles, sobre as baleias. Dessa forma, os alunos envolvem-se em um ambiente de busca e investigação com o objetivo de pesquisar sobre baleias e, assim sendo, contar ao mundo o que sabem sobre baleias, ao invés de ter que passar por milhares de coisas que é como estar na biblioteca. Assim sendo, com essa filosofia, a professora entrevistada acredita que a Internet pode ser tão horrível ou tão maravilhosa quanto se queira que ela seja.

- **Exemplos de Crianças trabalhando com a Internet**

Nessa interação, discutindo e refletindo sobre projetos que envolvem crianças trabalhando na Internet, a professora entrevistada ressalta que trabalhou com a Hawthorn Elementary School por um ano mais ou menos, e nessa escola, havia um programa sobre música, e eles usavam a Internet como uma forma de pensar e de aprender sobre música. Os alunos faziam a sua própria música, e faziam pesquisa sobre música de outros povos. Nesse projeto, as crianças elaboraram páginas na Internet sobre os diferentes tipos de música que elas vivenciaram. As crianças também possuíam amigos e trocavam "e-mails" com as crianças da Austrália, conversando sobre música. Sobre esse aspecto, ressalta ainda que utilizou as ferramentas da Internet para desenvolver esse projeto e, assim sendo, ocorreu uma transformação sobre a maneira das crianças pensarem sobre tempos, idéias e também sobre a maneira com que elas trabalhavam.

- **Novas Tendências para Tecnologia e Educação**

A professora Alice acredita que uma das tendências para tecnologia e Educação traduz-se no esforço de minimizar a distância entre os projetos que estão sendo desenvolvidos nos laboratórios e "as coisas" que se encontram nos parques de diversão, ou seja, "as coisas" que as crianças realmente gostam. Explicita essa idéia dizendo que muito do que as crianças fazem com tecnologia, em lugares além da sala de aula, tem muito poder, mas o problema é que essas coisas ainda não chegaram na sala de aula, pois as salas de aula estão mais de dez anos atrás do que acontece no resto do mundo.

Ainda nessa perspectiva, acha que os projetos semelhantes ao *Lego-Logo*, nos quais as crianças vivenciam coisas manipuláveis, e podem refletir sobre elas, são ferramentas poderosas de computação, quer seja em realidade virtual, ou em ambientes imersos. Pode-se utilizar o computador e fazê-lo parte de toda a sala de aula, enfatiza esta professora.

Nessa perspectiva, acha que um dos exemplos de tendências para a tecnologia e Educação consiste na Internet. A grande tendência agora é dizer para as pessoas o que cada um está fazendo com tecnologia e Educação, colocando as coisas na Web e dizendo: "Vejam, isto é o que nós fazemos". A referida professora afirma ainda que algumas pessoas dizem, por exemplo, "Vejam, nós estamos fazendo escrita colaborativa, enquanto duas crianças estão sentadas em um computador". Por outro lado, pode-se encontrar pessoas que estão pensando sobre como mudar a tecnologia.

Quanto a esse aspecto, a referida professora acha que muitas pessoas não tentam necessariamente mudar a tecnologia, mas sim usar a tecnologia existente com todos os seus defeitos e todas as suas maravilhas, e fazer dela algo tão bom quanto possível, com as

crianças. Ressalta ainda que esta abordagem é interessante, mas deve-se também parar e pensar sobre as diversas formas e maneiras pelas quais se pode fazer isto.

- **Softwares Recomendados na Sala de Aula**

Um dos softwares que esta professora recomenda para os professores utilizarem na sala de aula, consiste na série *Carmen Sandiego*; pois é um dos softwares mais antigos e ainda envolve os alunos no desenvolvimento de vários conceitos de Ciências, Geografia, entre outros. Ela também gosta muito de trabalhar com os "Living Books", pois acha que são simples, mas profundos. Na introdução dos "Living Books", na sala de aula, mostra-os para as crianças, e diz "agora faça o seu próprio". Então elas utilizam ferramentas como *HyperStudio* para fazer seus próprios softwares. Acredita que é desta forma que se pode lançar mão da experiência do livro-texto interativo e fazer com que ela não seja tão limitada e restrita a um único aspecto. Nesse sentido, diz, por exemplo, que não se jogam fora os livros porque as crianças sabem escrever. Pode-se criar ambientes de aprendizagem nos quais as crianças se inspirem em livros fantásticos e, possam escrever os seus próprios livros fantásticos. Ressalta que é a mesma coisa com softwares. Conforme suas palavras, "os próprios Legos são uma tecnologia fantástica e é ótimo ter as crianças trabalhando com Lego para que elas pensem como criar novas coisas maravilhosas que elas possam automatizar com a tecnologia." (tradução da pesquisadora).

- **Logo**

De acordo com esta professora, Logo é uma linguagem de programação muito poderosa. Encontra-se na literatura algumas versões poderosas de Logo. Porém ressalta que Logo não é a única maneira para se utilizar computadores na sala de aula. Conforme suas palavras, "este é um dos problemas, pois, durante muito tempo as pessoas pensavam e ainda pensam que esta é a única maneira de usar computadores na sala de aula". Ressalta ainda que se pode usar Logo, combinado com outros ambientes, com *HyperStudio*, processador de textos, planilhas eletrônicas, programas de desenho, entre outros. O professor, para utilizar um ambiente ou outro na sala de aula, deve sempre pensar nos objetivos que deseja alcançar em sua classe.

- **Computadores como um Instrumento de Integração Social**

A professora entrevistada acredita que o computador permite que as crianças sejam produtoras e tenham controle do seu próprio ambiente, propiciando várias maneiras de expressarem o conhecimento. Pode-se fazer animações, pode-se fazer histórias para outras pessoas e contar para as pessoas o que está acontecendo na sua vida. Pode-se fazer isto na Web, pode-se enviar e receber "e-mail", e pode-se conhecer novas pessoas. O computador pode ser tudo ou pode não ser nada, dependendo de como você utiliza-o.

Ainda nessa mesma perspectiva, ressalta que o estado do Novo México é um mundo muito pequeno, é um estado pobre e o computador abre um novo mundo para as crianças, e essa possibilidade, é algo precioso e maravilhoso. Ela conta que tem trabalhado com escolas elementares que estão em áreas de baixa renda, nas quais as crianças são mais ou menos transitórias e multiculturais, isto é, são crianças de várias nacionalidades, ou de várias origens étnicas. Conforme suas palavras,

> "As crianças originam-se de várias partes do mundo, e é fascinante perceber como o computador nivela as suas experiências. Todas as crianças vêm com experiências diferentes e o computador é uma ponte entre culturas, experiências e o talento das crianças e, desse modo, o computador coloca todas elas juntas para uma finalidade, um objetivo comum." (tradução da pesquisadora).

2.3.4.1.5) Profa. Dra. Jill

Jill leciona um curso chamado: *Integrando Computadores na Sala de Aula*, na Universidade do Novo México (UNM). O objetivo principal desse curso é propiciar aos alunos um ambiente de aprendizagem para que eles possam utilizar diferentes softwares, integrando-os nas disciplinas de Matemática e Ciências. Os alunos utilizam, por exemplo, processadores de texto para elaboração de documentos nos quais podem usar ferramentas de pintura ou desenho, planilhas eletrônicas, banco de dados, entre outros. Eles não só participam das atividades nas quais utilizam diversos ambientes computacionais, mas também analisam as diferentes maneiras como esses ambientes podem ser usados, de diversas maneiras, nas distintas áreas do conhecimento. Além disso, criam as suas próprias maneiras de usar essas ferramentas. Após trabalharem com algumas planilhas eletrônicas em classe, por exemplo, eles se conscientizam de como elas poderiam ser usadas para explorar diversos conceitos de Matemática, e então levantam idéias, discutem com os colegas e refletem sobre situações em que a planilha é uma ferramenta aplicável ou não.

Nessa mesma perspectiva, a professora ressalta que um dos projetos que desenvolveu solicitava dos alunos a elaboração de um plano de unidade (Unit Plan), relacionando vários aspectos dos diversos ambientes computacionais, que os alunos estavam explorando e aprendendo. Aprenderam a fazer uso de aplicativos computacionais no plano de aula, usando as ferramentas tecnológicas que eles haviam utilizado durante todo o semestre. A professora pesquisada, argumenta ainda que supervisionou um grupo de futuros professores de Matemática, reunindo-se em seminários periódicos, nos quais discutiram diferentes aspectos do ensino, tais como, gerenciamento da sala de aula, avaliação, avaliação alternativa, planejamento de aula, preparação de diferente métodos de ensino. Assim sendo, esses alunos, futuros professores, saíram e trabalharam por oito semanas, uma hora por dia, em uma escola e o objetivo proposto consistia na elaboração de um plano de aula para duas semanas. Eles tinham que ser os professores por duas semanas, em um período de oito semanas. Durante estas duas semanas, a professora entrevistada, observou-os algumas vezes, supervisionando-os este semestre como futuros professores. Observou ainda cada um mais ou menos seis vezes, ouviu-os atuando na sala de aula e forneceu um "feedback", isto é uma avaliação, um retorno pelo desempenho deles.

A professora Jill esclarece que, até o presente ano, tinha sido professora de Matemática do ensino fundamental, em Albuquerque, perfazendo um total de vinte e quatro anos de experiência no ensino fundamental. Comenta que havia utilizado tecnologia nos últimos cinco anos, especialmente com o programa *Aventuras em Supercomputação*. Ela ministrou também um curso nos últimos três anos, chamado Ciência Computacional, no qual os alunos usaram o computador como uma ferramenta para resolver um determinado problema de Ciências que eles haviam hipotetizado. Eles hipotetizaram uma situação-problema, pesquisaram na Internet, encontraram mentores na Internet com os quais se corresponderam com eles através de "e-mails". Dessa forma, aprenderam sobre o tópico pesquisado e, assim sendo, depois de terem aprendido o que era necessário sobre o tópico, eles propuseram alguns métodos de soluções para resolverem a situação-problema. Uma das soluções envolvia um modelo em Matemática e também envolvia descobrir um modelo em computação, desse modo, os alunos precisaram escrever um programa de computação em

Fortran ou C^{++}. Assim sendo, apresentaram e interpretaram os resultados, e ainda, preparam páginas na Web sobre seus projetos. Quanto à importância do computador, nesse projeto, a professora entrevistada ressalta que

> "O computador é uma ferramenta essencial em todo esse processo. Desde fazer a pesquisa, até escrever um programa de computador, visualizar os resultados e preparar o relatório do projeto para ser avaliado. Dizer que o computador é uma ferramenta é quase que como subenfatizá-lo, ou subvalorizá-lo." (tradução da pesquisadora).

Enfatiza ainda que a medida em que trabalhou com o programa *Aventuras em Supercomputação*, começou a utilizar o computador com maior freqüência em suas aulas de Matemática. Ela afirma que, em suas observações informais vê poucos professores de Matemática utilizando tecnologia, especialmente computadores. Eles podem estar usando calculadoras na escola fundamental em Albuquerque. Parte disso tem a ver com o acesso a um número suficiente de computadores para poderem trabalhar com eles. Nos últimos anos em que a referida professora lecionou no ensino fundamental é que foram implementados laboratórios com calculadoras gráficas e iniciaram então a sua utilização. Nas observações de seus alunos, preparando-se para serem futuros professores, presenciou muito pouco sobre a utilização do computador nas aulas de Matemática. Assinala que esta, geralmente, é ensinada a partir de livros textos bem tradicionais e os conceitos são segregados e realizam-se poucas aplicações ou conexões com o mundo real.

- **Softwares Utilizados nos Cursos**

Esta professora utiliza em suas aulas vários ambientes computacionais, *Claris Works*, com processador de texto, planilhas eletrônicas, como *Spreadsheet* e *Excel* e algum tipo de *HyperStudio*. Há muitas aplicações eficientes de processador de texto, e há boas aplicações de planilhas e mapeamento. *Microsoft Office* tem processador de texto, *Excel* tem a planilha, e a partir da planilha pode-se obter boas capacidades gráficas. No ensino fundamental, a referida professora utilizou uma ferramenta de visualização chamada *Spy Glass Transform*, que executa gráficos de dados em 3D, como mapas de contornos e mapas de superfícies.

Nessa interação, questionou-se à professora Jill se, em sua concepção, seria necessário ter um computador por aluno na classe. Sobre esse aspecto, diz que este ano lecionou para uma turma para a qual havia um laboratório com metade do número de computadores em relação ao número de alunos, pois, o objetivo era que os alunos trabalhassem em pares, formando um espírito de grupo e fazendo mais "peer teaching", isto é criando uma situação em que um colega ensinasse o outro. Nesse sentido, esclarece que uma média de um computador para quatro alunos é uma boa situação. Caso contrário, seria necessário fazer um rodízio com os alunos e levaria mais tempo para completar projetos.

- **Logo**

Questionou-se à professora Jill se ela trabalha em suas aulas de Matemática com Logo. Sobre esse aspecto, esclarece que utilizou Logo até o ano passado, em uma escola em Albuquerque. Diz que Logo é uma linguagem de computação poderosa e extremamente rica para a exploração de conceitos matemáticos. Ressalta ainda que gostaria de ver muitos alunos sendo expostos ao programa Logo, pois, trata-se de uma linguagem de computação visual, isto é, um comando é escrito e pode-se ver a sua representação visual, no mesmo momento. Assim sendo, os alunos podem fazer ajustes nos seus programas e "checar", imediatamente para ver se era aquilo mesmo que eles queriam escrever. Considera Logo uma boa linguagem

de computação com a qual as crianças, desde a 5ª série do ensino fundamental podem começar a aprender a programar o computador. Enfatiza ainda que não trabalhou ainda com *Lego-Logo*, mas, sente-se fascinada com a idéia de utilizá-lo em suas aulas, devido às suas potencialidades de desenvolver conceitos de Matemática e Física. Acredita ainda que as crianças ficariam bem motivadas trabalhando com *Lego-Logo*, construiriam algum tipo de robô e então produziriam programas através do Logo para manipular aquele robô.

Nessa interação, perguntou-se à referida professora o motivo de Logo não ser utilizado pelos professores nas escolas. Respondeu que alguns anos atrás, as escolas, de um modo geral, passaram por uma fase que tinham Apple IIe, nas salas de aulas, e ela se lembra de muitos professores trabalhando com Logo. Levavam as crianças para o laboratório e trabalhavam com Logo. Ressalta, porém, que tiveram muitos problemas de diversas ordens com a manutenção do laboratório, pois, ninguém cuidava dele, os professores não tinham recebido treinamento, e dependiam de alguém para dar aulas no laboratório para implementar o que eles estavam fazendo, com isso eles também pararam de usar computadores.

Enfatiza ainda que houve uma época em que os computadores eram usados para Ciência da Computação, com uma linguagem de computação como Fortran ou Pascal. Depois surgiram os programas Logo e eles estavam disponíveis para PC ou Machintosh. De acordo com o depoimento da professora entrevistada, as pessoas não possuíam muita experiência com computadores, e, portanto, não trabalhavam com Logo. Apesar de encontrarem-se, atualmente, várias versões do Logo na Internet, apenas nos últimos anos, começou-se a fazer uso dos softwares encontrados na Internet.

A professora pesquisada, diz ainda que apesar de conhecer Logo, já há algum tempo, tornou-se familiarizada com esse ambiente somente quando trabalhou com suas classes, no ano passado. Assim sendo, a primeira coisa que ela percebeu foi que se trata de um ótimo ambiente para se utilizar no ensino médio, com o objetivo de propiciar aos alunos as primeiras experiências, com programação, uma vez que se trata de uma linguagem simples, visual, podendo ver o resultado visual imediatamente após os comandos. Entretanto, comenta que apesar de ser uma linguagem aparentemente simples usa alguns constructos bem complexos, podendo-se escrever sub-programas, organizar o programa em partes e fazer conexões entre elas.

- **Cursos para os Professores**

Nessa mesma interação, questionou-se à referida professora se os alunos, TAs (Teacher's Assistents) fazem cursos, ou recebem algum tipo de treinamento, antes de utilizarem os softwares, e quem é responsável por esses cursos. Nesse sentido, ressaltou que existem alguns cursos que propiciam treinamentos básicos em diversas aplicações computacionais. Por exemplo, há um denominado: *Computadores na Sala de Aula*, no qual os alunos aprendem, como utilizar *Claris Works*, o banco de dados, a planilha eletrônica, o processador de texto, o sistema de comunicações com a Internet, entre outros aspectos. Acha ainda que os alunos aprendem a usar os diversos ambientes computacionais, à medida em que eles vão utilizando-os e explorando suas potencialidades. Conforme suas palavras,

> "Os alunos criam um vínculo com aquele software, eles aprendem o que precisam saber para conseguir realizar alguma atividade. Os alunos recebem instrução básica, mas principalmente eles aprendem a utilização e a aplicação do software, em vez de aprender sobre o software isoladamente." (tradução da pesquisadora).

Enfatiza ainda que os alunos aprendem a utilizar os softwares porque eles estão utilizando-os, à medida em que eles o aplicam em alguma atividade prática, à medida em que eles criam alguma coisa, que faz sentido para eles. Nessa abordagem, cita um exemplo relacionado com a utilização da planilha eletrônica cujo objetivo consistia na aprendizagem e exploração das características básicas da planilha, assim sendo, forneceu-se aos alunos uma amostra de dados, com dois dados variáveis com alguma relação entre eles. A variável independente relacionava-se com o período de gestação dos diferentes mamíferos. E a variável dependente era o período de vida desses mamíferos. Há uma relação entre estes dados, uma relação linear com certas exceções. Os alunos colocaram então esses dados em uma planilha. Eles nunca haviam trabalhado com planilhas antes e, desse modo, a referida professora forneceu-lhes instruções básicas sobre como usar a planilha, e qual seria a terminologia a ser usada. Assim sendo, os alunos elaboraram uma planilha, pegaram os dados, e construíram gráficos, analisando e interpretando os resultados obtidos. Estavam, dessa forma, aprendendo como elaborar uma planilha, e, o mais importante, estavam aprendendo através da utilização de uma aplicação prática.

- **Internet como Recurso importante para o Processo Ensino/Aprendizagem**

A referida professora comenta que os computadores estão sendo usados no ensino médio em todas as disciplinas e nas aulas de Inglês para criar documentos. Acredita que as crianças possuam mais facilidade para criar e escrever no computador do que com lápis e papel. Ressalta ainda que presenciou crianças "em risco" (crianças muito fracas, em risco de fracasso escolar) e crianças que mal acompanhavam as aulas, e percebeu que elas não tinham medo de trabalhar no computador porque elas podiam conferir ortografia, colocar desenhos e ser criativas com ele, e ainda fazer com que seus trabalhos parecessem bastante profissionais. Essas crianças nunca tinham usado nada semelhante antes. Professores novos que chegam e vão para cursos como esse, estão aprendendo e explorando métodos e caminhos através dos quais a tecnologia pode ser usada na sala de aula, como um importante e necessário recurso para a exploração e a compreensão de diversos conceitos relacionados a diferentes áreas do conhecimento.

De acordo com a professora citada, em geral, os professores que lecionam há muitos anos, relutam em aceitar essas novas ferramentas e a fazer uso delas em suas aulas. Muitos desses professores estão presos ao método de aula tipo expositiva (lecture). Explicita ainda, que, o número de professores que foram expostos a métodos e teorias com o objetivo de utilizarem o computador na sala de aula varia muito, e, em sua concepção, o fato importante que deve ser considerado na introdução da tecnologia na educação, relaciona-se com a abordagem e a ênfase dada à tecnologia.

Esclarece ainda que os alunos estão usando a Internet de duas maneiras, para pesquisa, nem sempre acadêmica, e, às vezes, apenas para obter informações pelas quais se interessam, tais como: descobrir coisas sobre seu grupo preferido de rock, entrar em um grupo de bate-papo ("chat") ou em uma list serve na qual as pessoas conversam sobre algo que lhes interessa.

Na sala de aula, a Internet está sendo usada para fins sociais e acadêmicos, e para outros tipos de pesquisas. Existem recursos para professores como :planos de aula; artigos educacionais de fácil acesso, e troca de mensagens eletrônicas ("e-mails"). Projetos envolvendo "e-mails" podem ser criados em uma aula de língua estrangeira, para que os alunos se comuniquem com outros, em outros países. Ambos escreveriam em sua própria

língua, e, assim sendo, "eles estariam lendo o francês dos alunos da França e lá eles estariam lendo o nosso Inglês", afirma a professora.

Na rede WWW, alguns professores estão publicando trabalhos dos alunos para que outras pessoas possam ler, e tomar ciência. Comenta ainda que existe um "site" no qual a professora de Inglês em uma faculdade estava justificando o uso da rede, dizendo que os alunos sentem mais orgulho de seus trabalhos porque existem mais pessoas que poderão ler o que eles escreveram e não apenas a professora. Assim sendo, eles ficam mais orgulhosos do que fazem, e do que vão colocar na WWW.

- **Introdução da Tecnologia na Sala de Aula**

Quanto às dificuldades encontradas pela referida professora na introdução da tecnologia em suas aulas, ressalta que, em sua classe, há alunos de diferentes idades. Há alunos do quarto ano de faculdade e há alunos que acabaram de sair do ensino médio, e há pessoas trabalhando numa segunda ou terceira carreira. É mais difícil para os mais velhos, pois os mais jovens foram expostos a computadores na escola, eles cresceram com computadores em casa, enquanto que os mais velhos não tiveram esta experiência, portanto para eles é mais difícil.

Enfatiza ainda que os alunos possuem experiência diversas com tecnologia, fato que poderia trazer dificuldades, mas criando-se um clima de equipe, é possível trabalhar de uma maneira produtiva, na qual os alunos se ajudam uns aos outros na exploração dos ambientes computacionais e na elaboração de projetos utilizando Tecnologia. Uma outra dificuldade encontrada pela professora, relaciona-se aos equipamentos existentes na escola. Esclarece que há muitos recursos financeiros disponíveis, e se os professores surgirem com um bom plano, eles poderão conseguir equipamentos para desenvolverem seus projetos.

Uma outra dificuldade refere-se à resistência dos professores em mudar seus métodos de ensino. Diz ser fácil pegar um livro de Matemática e ir ensinando capítulo por capítulo, isto é, ensinar basicamente através do livro-texto. Mais difícil é planejar novas aulas nas quais se usem novas tecnologias e aplicações. Comenta que ela própria se sentia um pouco incomodada com essa tecnologia nos primeiros anos que lecionou, pois ela não havia sido exposta aos recursos tecnológicos em seu curso de formação de professor, e assim sendo, não sabia muito sobre as diversas aplicações computacionais. Achava difícil elaborar os seus planos de aulas, utilizando tecnologia, explorando os diversos ambientes computacionais e estruturando aulas que enfatizavam conceitos relacionados a diversos campos do conhecimento.

Em sua concepção, é mais fácil encontrar aplicações de conceitos com a Internet, como por exemplo, quando pediu a uma aluna de sua classe para preparar, uma unidade de ensino sobre o tempo e, esta aluna descobriu dois "sites" que possuíam ótimos planos de aula e ela os adaptou aos seus objetivos para uma unidade de duas semanas. Atualmente, existem na Internet ótimos recursos disponíveis para professores. Porém isto exige dos professores uma busca e investigação a vários "sites", objetivando coletar informações e dados relacionados com os seus objetivos a serem alcançados nas aulas.

Sobre esse aspecto, esclarece ainda que uma das dificuldades de se utilizar tecnologia na sala de aula relaciona-se ao fato de encontrar professores que queiram fazer pesquisa, pois esse método de trabalho, toma tempo, e para os professores nas escolas, tempo é um fator

muito importante. Eles trabalham muito e não têm tempo extra para planejamento. Qualquer coisa nova que eles quisessem fazer na escola durante o ano, precisariam planejar no verão, nas férias escolares, pois, uma vez começadas as aulas, sobrava muito pouco tempo disponível. Essas são algumas barreiras mencionadas pela professora entrevistada, para a introdução de computadores nas escolas, mas ela também acredita que essas barreiras estão sendo superadas aos poucos.

- **Projetos com Supercomputadores**

A professora entrevistada explicita que, este é um nome que foi mal colocado, pois quando iniciaram este programa, o Cray era um supercomputador. Agora há computadores de mesa ("desktop") que são tão poderosos quanto eram os Crays. Assim sendo, questiona:

> "O que é um supercomputador, afinal de contas? Depende de qual seja a tecnologia mais rápida no momento. Provavelmente, a tecnologia do momento seja processamento paralelo, mas na verdade, isso já foi ultrapassado. Processadores paralelos são processadores que possuem centenas de processadores em uma máquina e cada processador faz uma parte do trabalho e todos eles se comunicam entre si. Poucos de nossos alunos trazem problemas a serem resolvidos para os quais há necessidade de um computador desse tipo." (tradução da pesquisadora).

Ressalta ainda que se estiver tentando prever o tempo no futuro, ou tentando seguir uma corrente do oceano, vai-se precisar de um computador com uma grande capacidade de armazenamento de dados, porém os alunos da referida professora, não estão desenvolvendo projetos deste nível, são alunos da oitava série e do colegial. Eles não utilizam programação de computador, usam, principalmente planilhas para resolver seus problemas, colocando os dados em gráficos e resolvendo-os. Possuem um PC com C^{++} e compiladores Fortran na máquina que serve como seu servidor de "e-mail" e, desse modo, eles podem passar "e-mails" através do seu servidor no seu "site" de casa, podem ainda ser surfistas na Web e ainda colocar suas próprias páginas na Web, o computador possui todo o software de que eles necessitam para isto.

Esclarece ainda que, essas aulas são chamadas de aulas de Ciência Computacional e são diferentes daquelas que, tradicionalmente, são chamadas de aula de Ciência da Computação. Em uma aula de Ciência da Computação, aprende-se uma linguagem, aprende-se Fortran em detalhes, e escreve-se programas. Mas os programas não são conectados, servem apenas para oferecer prática aos alunos na utilização de certos constructos da linguagem Fortran. Por outro lado, na aula de Ciência Computacional, aprende-se uma linguagem, mas não se aprende essa linguagem nos mesmos detalhes, aprende-se tudo o que é necessário para poder resolver uma situação-problema. Os alunos elaboram um problema e precisaram desenvolver um projeto para resolverem esse problema e, então utilizam a linguagem como uma ferramenta, não como o ponto principal da aula. É uma ferramenta sobre a qual os alunos necessitam aprender o suficiente para resolverem o problema deles.

A professora entrevistada enfatiza que, no início desse projeto, os alunos possuíam contas em um processador paralelo no Sandia[50], mas agora não há necessidade disso. Nesse projeto, os alunos elaboram uma situação-problema de Ciências, essa professora, oferece aos alunos um programa popular, há uma grande variedade de programas de Ciências, e esses programas variam de algo muito simples a programas muito complexos que utilizam modelos

[50] Sandia é um laboratório de pesquisa do Departamento de Energia, dos Estados Unidos, localizado em Albuquerque, Novo México.

matemáticos. Os alunos elegem uma situação-problema, apresentam um modelo matemático, um modelo computacional e implementam esse modelo computacional no computador. O modelo computacional resulta em algum tipo de dados. Eles visualizam aqueles dados para interpretar o que os dados estão dizendo e escrevem um relatório desse projeto. Finalmente preparam uma apresentação e uma exposição, ou feira de Ciências, e fazem a apresentação de seus projetos. Nessas feiras, existem julgadores (juízes) que lêem os relatórios dos projetos dos alunos e fazem perguntas variadas sobre eles.

Nessa interação, questionou-se à referida professora, como os alunos são selecionados para participarem desse projeto. Nesse sentido, explicou que as escolas é que são escolhidas para participarem desse projeto. Eles tinham um subsídio financeiro de cinco anos e um de três anos, e encontram-se agora no sexto ano. Esclarece ainda que o objetivo principal desse programa consiste em motivar os alunos nas áreas de Matemática, Ciências e Computação, motivá-los a aprender mais e a utilizarem o que aprenderam.

Enfatiza que, nesse projeto, o grupo alvo constitui-se de alunos de classe minoritária, de baixa renda e do sexo feminino, pois esta é uma classe normalmente com pouca representação nas áreas de Matemática, Ciências e Computação, principalmente na área de Computação. O objetivo deste projeto consiste em atrair esses grupos pouco representativos para essas áreas. A escola selecionada para o programa necessita fazer um plano para atrair aqueles alunos acima mencionados. O único curso que eles têm que ter tido antes de vir para essas aulas de Ciência Computacional é Álgebra I.

Diz ainda que esse projeto possui alunos de todos os níveis, alunos que acabaram de fazer Álgebra I no ano anterior, podem estar no mesmo grupo de alunos que estão cursando Cálculo. Assim sendo, tem-se uma variedade grande de alunos com formação em Matemática e uma variedade grande de alunos com experiência em computação. O que faz com que o projeto funcione bem é que os alunos normalmente trabalham nos projetos em equipe, então cada um pode dar uma contribuição específica e fortalecer a equipe. Um dos alunos pode ser melhor em redação, escrita, um outro pode ser mais forte em programação, e eles colocam esses pontos fortes juntos, enquanto estão trabalhando no projeto, e desse modo, naturalmente acabam fazendo o que eles fazem melhor. Os alunos fazem este curso como matéria eletiva (por opção, não é obrigatório), portanto eles não são selecionados para o curso, explica a referida professora.

- **Experiência com Softwares**

A professora Jill comenta que possui mais conhecimento e familiaridade com softwares de Matemática e de Ciências, disciplinas que leciona. Em Matemática conhece o *Math Blaster* (“Drill and Practice”), que são programas que oferecem exercícios mecânicos e práticos. Acha que esses programas possuem um potencial limitado, para o ensino da Matemática, havendo ocasiões em que acha que pode ser bom usá-los. Um dos melhores programas de Matemática disponíveis, conforme as concepções da professora é o *Geometer’s Sketchpad*. Utiliza esse ambiente computacional nas aulas de Matemática básica e diz que as crianças adoram trabalhar os conceitos geométricos, com esse software, pois pode-se desenhar um triângulo, e medir os ângulos, adicionar os três ângulos e manipular o triângulo para verificar que a soma dos ângulos é 180 graus. Enfatiza ainda que utilizou *Geometer’s Sketchpad* em suas aulas de Geometria e considera-o um dos melhores softwares, pois pode-se fazer descobertas com ele, não é um tipo de software que serve só para exercícios mecânicos. Menciona também outros softwares como, *Where in the World is Carmen*

Sandiego? e *Oregon Trail*, que possuem uma abordagem e alguns aspectos de resolução de problemas. Provavelmente estes softwares estão sendo bem utilizados no ensino médio, mas ela acredita que eles não estão sendo usados no colegial.

Lembra ainda que houve uma quantidade limitada de criatividade no desenvolvimento de softwares, principalmente em Matemática, pois a maioria dos programas lida com treino e destreza. Considera necessário mais ferramentas como *Geometer's Sketchpad*, no qual os alunos descobrem coisas novas, em vez de serem apenas conduzidos através de uma série de passos. Em muitos desses programas o que eles fazem é só clicar, e seguir passos.

- **Integração da Matemática com a Internet**

A referida professora ressalta que ainda não trabalhou, integrando a Internet nas aulas de Matemática, pois o acesso à Internet e à WWW foram duas coisas que ocorreram recentemente nas escolas, há dois anos atrás era apenas uma pequena fração do que se tem atualmente. Hoje as fontes, os recursos para os professores são melhores. Muitos desses recursos foram colocados à disposição dos professores, nas escolas de Albuquerque, nos últimos dois anos. O acesso à Internet não havia se tornado disponível em muitas escolas até recentemente.

Dessa forma, a professora entrevistada, diz que aprendeu o que estava disponível na Internet, e fizeram "e-mails", FTP (File Transfer Protocol), usaram Gopher, mas não existia ainda a WWW. Nesse sentido, acredita que se está apenas começando a aprender sobre o que se pode fazer com o computador e como usar a Internet. Cita o exemplo de uma das escolas públicas de Albuquerque, e diz que, atualmente, a Albuquerque High School possui duas linhas T1 com mais de cem computadores conectados na Internet. Em um período de cinco anos, esta escola expandiu de quatro computadores na Internet para cem.

Esclarece ainda que existem muitas aplicações poderosas na Internet, das quais os professores podem fazer uso para explorar conceitos matemáticos. Diz que se estivesse lecionando no colegial, faria muitas pesquisas na Internet com o objetivo de encontrar aplicações, pois acredita que ensinar Matemática através de ambientes computacionais é uma maneira poderosa e rica para envolver os alunos na verdadeira exploração e compreensão de conceitos matemáticos. Enfatiza ainda que, no passado, a Matemática era ensinada como uma coleção de conceitos isolados com poucas conexões entre si e com o mundo real. A Internet possibilita compartilhar situações reais, dados e informações importantes, relacionando esses conceitos. Existem professores competentes, e muitos deles estão dispostos a compartilhar experiências e informações através da Internet. Essa professora julga ser esse aspecto da Internet, um dos maiores benefícios para os professores, isto é, poderem trabalhar colaborativamente com o mundo inteiro.

2.3.3.2) Reflexões e Considerações sobre as Entrevistas

Algumas reflexões e considerações de ordem metodológicas podem ser delineadas a partir da descrição e análise das entrevistas realizadas. Convém ressaltar que, no decorrer das entrevistas, conforme foram apresentadas, abordaram-se algumas implicações pedagógicas com a finalidade de delinear algumas inferências a respeito da introdução e disseminação de computadores no cotidiano escolar.

Ao realizar uma descrição, como a acima apresentada pelas entrevistas, objetiva-se elucidar algumas características sobre o **"estado da arte"** da **Informática** na **Educação**, e além disso, **contextualizar** o **Logo** neste cenário.

Dessa forma, convém observar que alguns aspectos e pressupostos teórico-metodológicos importantes relacionados com Tecnologia e Educação, foram ressaltados pelos professores entrevistados. Nessa interação, no âmbito geral das reflexões e considerações sobre a importância da tecnologia no processo ensino/aprendizagem, alguns temas norteadores foram abordados, tais como: A Tecnologia como um meio de Integração Social; Sentimento dos Professores em Relação à Tecnologia; A Internet na Sala de Aula; Reciclagem e Aperfeiçoamento dos Professores; Aspectos Metodológicos de se utilizar os Computadores na Sala de Aula; A Auto-Estima da Criança ao trabalhar com Computadores; Linguagem Computacional Logo, entre outros.

Desses temas norteadores, enfatizam-se algumas abordagens interessantes e extremamente importantes que merecem ser ressaltadas. Uma delas consiste no valor da tecnologia como um fator de integração social, como possibilidade de ascensão social e como um equalizador, que propicia melhores condições de sobrevivência e integração plena dos alunos na sociedade em que vivem. Assim sendo, apresenta-se um depoimento de um dos professores entrevistados que ilustra esses aspectos:

> "Informação é poder, um quarto de um por cento das crianças desta comunidade possuem computadores em suas casas, enquanto que, na John Bigfellow Elementary School, noventa por cento das crianças possuem computadores em suas casas, assim sendo, possuem mais familiaridade com a tecnologia. Essa tecnologia pode ensinar habilidades importantes para a sua sobrevivência. Tecnologia tem o potencial de ser um equalizador. Proporciona às crianças se comunicarem com outras pessoas, terem o mesmo acesso a informações. Permite ainda desenvolver habilidades de raciocínio, cada vez mais complexas Todos os níveis de escolaridade aprendem habilidades importantes para se comunicarem e se integrarem na sociedade, então acho que a tecnologia pode propiciar isto. As crianças dessa escola não costumam chegar em casa e estudar ou mesmo pesquisar, assim sendo, é importante que elas façam o máximo possível na escola." (tradução e grifo da pesquisadora).

Com essas perspectivas em mente, vários projetos são desenvolvidos nas escolas, com objetivo de propiciarem aos alunos de uma certa comunidade (hispânicos) condições para que possam integrar-se com outras comunidades (anglo-saxões), possibilitando-lhes a integração na sociedade. Ressalta-se que, dessa forma, as crianças aprendem a conviver com pessoas de diferentes culturas, vivenciam costumes e hábitos diversos, começam a compreender e a entender a diversidade cultural como algo valioso e, assim sendo, passam a ter uma nova visão do mundo que as cerca.

Nesse sentido, as crianças crescem e convivem em um meio no qual o computador está presente nos mais diferentes lugares, no trabalho de seus pais, nas caixas de supermercados, nos sistemas bancários, entre outros. São crianças da geração video games, e assim sendo, lidam com Tecnologia de uma forma natural e prazerosa. Desse modo, ao ressaltar a **importância da tecnologia na vida de seus alunos** relacionada com a **auto-estima das crianças** em trabalhar com computadores, um dos professores entrevistados afirmou que

> "Eu penso que tecnologia é extremamente importante para as nossas crianças. Como já comentei, o processo de introdução da tecnologia, nessa comunidade, tem sido um processo vagaroso, pois as crianças não podem ir para casa e praticar, mas agora que nós temos computadores e que estamos ligados na **Internet**, começaremos a desenvolver os projetos. As crianças adoram o computador, elas têm sido muito criativas quando trabalham no computador, pois elas estão aprendendo várias coisas de

> acordo com seu ritmo próprio, de acordo com seus próprios estilos de aprendizagem e do tipo de pessoa que elas são. Encontram novas maneiras de combinar as diferentes informações. Quando estou ensinando sobre um determinado programa, ensino as noções básicas e as crianças descobrem, por buscas e investigação os outros aspectos importantes desse ambiente computacional, e então mostram os resultados para os seus colegas. Quando elas compartilham seus trabalhos, elas estão ganhando auto-estima, e disto todas as crianças precisam muito. Elas não obtém auto-estima de suas famílias, então podem obter isto aqui na escola." (grifo e tradução da pesquisadora).

Esses aspectos também podem ser evidenciados em um documento elaborado pelas escolas públicas de Albuquerque, participantes de um projeto geral que trata da importância da introdução e disseminação da tecnologia na vida dos alunos. Reproduz-se abaixo, um trecho desse documento:

> "Habilidades literárias ("Literacy") têm sido a porta de entrada na sociedade americana, claramente, dividindo os que a possuem e aqueles que não a possuem. Inovações tecnológicas redefiniram competências literárias essenciais para o Século XXI, ampliando o foco tradicional no domínio da interpretação linear de texto, para abranger a habilidade de entender e de criar representações das informações, em diversos estilos ou formatos. Hipermídia mudou o horizonte de publicação e comunicação em nossa sociedade, criando novas habilidades de autoria, para comunicação interativa. O termo "literacy gap", tem sido utilizado em pesquisa educacional para descrever a diferença da prontidão e da destreza em crianças de escolas de primeiro grau, no aprendizado da leitura, da escrita e de operações com cálculos, contrastando os alunos de classes economicamente favorecidas, com aqueles de famílias de recursos econômicos limitados, e diferentes raízes multi-culturais. Historicamente, as escolas não têm tido competência para eliminar a "literacy gap", assim, o termo de fato, define uma estratificação social no contexto americano. O impacto da tecnologia, em nossas escolas pode diminuir de forma significativa o "literacy gap", ou aumentar a distância entre os que possuem e aqueles que não possuem o domínio da "hiperliteracy gap". Falhas no oferecimento de efetiva instrução baseada na tecnologia à nossa população estudantil e acesso a ferramentas tecnológicas dificultarão, severamente, seus esforços para tornarem essa população produtiva e participativa, na sociedade americana." (Albuquerque High School, 1996, p.6) (tradução da pesquisadora).

Um outro aspecto importante que pode ser constatado nas diversas entrevistas realizadas, refere-se ao papel do professor que consiste em uma das peças fundamentais no processo de introdução e utilização de tecnologia na escola. Constatou-se que muitas dificuldades e obstáculos, de diversas ordens, surgem nessa implementação. Porém, convém ressaltar que, apesar das dificuldades encontradas, os professores entrevistados lutam e não medem esforços para continuarem com seus objetivos e projetos. Infere-se que esta situação, muitas vezes é adversa à realidade brasileira, em que muitos professores não se convenceram ainda da importância da tecnologia na sala de aula, e muitas vezes, não se interessam em mudar seus métodos de trabalho, optando por ministrarem aulas da maneira tradicional.

Nesse contexto, vale dizer que esses professores, muitas vezes, enfrentam problemas de ordem distinta de seus colegas entrevistados, problemas de ordem econômica e social, problemas relacionados com a carreira docente, entre outros. Porém, sabe-se que a Educação possui uma função fundamental na integração do sujeito na sociedade, e sabe-se ainda que, no cenário tecnológico, os professores podem e devem exercer um papel, extremamente importante na formação de seus alunos, e dessa forma, a política educacional merece ser repensada e refletida intensamente, nesse novo cenário. Portanto, cabe ao estado uma participação mais efetiva na introdução e disseminação de computadores nas escolas, fornecendo além de recursos tecnológicos, meios de atualização e aperfeiçoamento para os professores na utilização das novas tecnologias.

Nas entrevistas realizadas, quanto aos sentimentos dos professores em relação às novas tecnologias, alguns dos entrevistados mencionaram que um dos problemas enfrentados, em suas escolas, a respeito da introdução de tecnologia no ensino, consiste no fato de que os professores, muitas vezes, não estão familiarizados com os diferentes ambientes computacionais e, em geral, não sabem adaptar estes softwares às necessidades dos alunos e, tampouco, utilizá-los para desenvolver conceitos nas diversas áreas do conhecimento, em outras palavras, em geral, os professores não estão preparados para a introdução e disseminação de computadores na sala de aula. Conforme as próprias palavras de um dos professores entrevistados:

> "O problema com o distrito é, eles não têm, até recentemente, fornecido treino adequado para os professores na utilização de softwares. Então você pode colocar todos os softwares no computador, colocar os computadores nas sala de aula, mas os professores não têm tempo para sentarem, e explorarem e aprenderem como utilizar os softwares, ou mesmo ler a documentação sobre eles. Estão na profissão para ensinar, mas para mim os melhores professores são aprendizes. Eu encontro muitos professores que não fazem muita coisa a este respeito. Eles dizem: "ok, se você terminar seu trabalho, eu deixo você usar o computador"." (grifo e tradução da pesquisadora).

Por todos esses aspectos, nota-se que, muitas vezes, até mesmo aqui no Brasil, os professores apresentam um certo receio em usar Tecnologia na sala de aula, pois não sabem como utilizá-la e não se propõem a aprender juntamente com os alunos. Nesse sentido, um dos professores entrevistados, afirma que

> "Existem muitos professores que não estão confortáveis com a tecnologia e que não são aprendizes, então quando eles vêm e perguntam: "o que eu vou fazer quando uma criança vem e me pergunta alguma coisa que eu não sei? Bem, para mim, esta é a sua melhor oportunidade de aprender e dizer, bem, eu não sei, mas vamos juntos pesquisar a resposta". Deve-se ajudar as crianças a buscarem as disponibilidades da tecnologia, então nós podemos aprender juntos. As crianças aprendem muito mais com esse tipo de aprendizagem, isto é, através de investigação e busca, do que com aquele ensino que só diz a elas o que, e como fazer. E esta é a beleza e o poder da tecnologia." (tradução e grifo da pesquisadora).

Por outro lado, nas entrevistas realizadas, pôde-se constatar que existem alguns professores das escolas visitadas, que se sentem confortáveis em trabalhar com computadores, e, dessa forma, estão desenvolvendo vários projetos, em níveis mais elevados, com seus estudantes. Quando esses professores sentem alguma dificuldade procuram o coordenador de informática de sua escola, e juntos discutem e trabalham no computador, exploram vários softwares, e elaboram projetos.

Ainda nessa perspectiva, percebe-se através dos comentários de alguns professores entrevistados a importância de realizar uma formação reflexiva dos professores, a qual possibilite a eles uma profunda compreensão do que consiste ser um bom professor. Comprova-se isto através das palavras de uma das professoras:

> "Começo sempre dizendo ao aluno que ele será professor, em um futuro próximo, e que isso não significa que vai entrar em uma profissão para planejar atividades com o objetivo de manter as crianças ocupadas. Mas, que vai entrar em uma profissão na qual se deve pensar sobre como é que as crianças aprendem. Se você não sabe porque você está preparando uma certa atividade e que tipo de aprendizagem vai resultar desta sua ação, então você não deveria ser professor." (tradução da pesquisadora).

Nessa perspectiva, a professora que teceu o comentário acima observa que os professores ainda resistem a essas considerações, e mesmo aqueles que retornaram de seus cursos de mestrado, também não estão interessados em estudar profundamente teorias de aprendizagem para compreenderem **como as crianças pensam na frente de um computador**.

Tais considerações levam a refletir sobre como os computadores podem ser utilizados no processo ensino/aprendizagem e no processo de construção do conhecimento. Assim sendo, pelos depoimentos e reflexões advindos do trecho da entrevista, acima apresentado, infere-se que o computador pode ser utilizado pelos professores como um recurso valioso que propicia aos alunos a construção do conhecimento, porém tal abordagem depende da compreensão do professor e da análise feita por ele em relação à criança. Por exemplo, se a criança não possui uma base necessária para aprender um determinado conceito, como utilizar o computador para propiciar-lhe uma interação que lhe possibilite chegar cada vez mais próxima da compreensão deste conceito? Em outras palavras, o importante é realmente refletir sobre como os professores estão usando o computador em suas aulas e quais os softwares que podem auxiliar os alunos, envolvendo-os em verdadeiros ambientes de aprendizagem. Os ambientes computacionais estariam de acordo com os objetivos que o professor projetou para seus alunos? Com relação à construção do conhecimento, uma das professoras entrevistadas acredita que, em alguns casos, a interação com o computador é muito abstrata para algumas crianças, explicita essa idéia, afirmando:

> "As vezes elas precisam de atividade que envolvam fazer algo com as próprias mãos ou até com o próprio corpo, especialmente as crianças mais novas. Para as crianças menores do que sete ou oito anos, o computador pode ser uma diversão interessante, mas que deveria ser utilizado como um instrumento que proporciona novas maneiras de aprender, por exemplo, fazer algum tipo de produção. Há muitas crianças de cinco, seis, e sete anos que conseguem fazer algum tipo de criação no HyperStudio, que sabem o alfabeto e sabem ler e escrever bem o suficiente para fazer algum tipo de trabalho de publicação no computador." (tradução da pesquisadora).

Ainda nessa perspectiva, o computador pode fazer parte da sala de aula do professor, pois é um instrumento muito versátil e como qualquer outro instrumento, constitui-se em uma outra maneira do professor propiciar aos alunos ambientes de aprendizagem, nos quais eles possam interagir com noções e conceitos de diversas áreas do conhecimento, com novas informações, transformando estas informações em conhecimento.

Uma outra questão abordada, nas várias entrevistas realizadas, relaciona-se com a utilização da Internet na sala de aula. Nessa perspectiva, vários professores mencionaram alguns problemas relacionados aos aspectos éticos da utilização da Internet pelos alunos. Esse fato pode ser constatado quando uma das professoras entrevistadas mencionou que a sua escola está procurando meios de orientar os estudantes sobre a ética de se trabalhar com computadores na Internet. Com o objetivo de ressaltar essas idéias, recorre-se às próprias palavras da professora entrevistada:

> *"*Nós estamos fazendo isto de duas maneiras: uma trata-se de proteger alguns "sites", e a outra tentamos ensinar nossos alunos o que é correto e o que não é correto. Isto coloca a responsabilidade no estudante e realmente ensinam a eles sobre caráter para o resto de suas vidas." (tradução da pesquisadora).

Nesse sentido, questionou-se qual tem sido a reação dos pais dos estudantes sobre essa temática. De acordo com o depoimento da professora entrevistada, de um modo geral, a reação dos pais tem sido positiva, sendo que a maioria se mostra muito entusiasmada pelo

fato de seus filhos terem acesso à Internet, quase que diariamente na escola. Nesse aspecto, uma situação que evidencia o envolvimento dos pais com as novas tecnologias no ensino, consiste no fato de que algumas escolas, depois das aulas abrem suas portas e facilidades para que os alunos que não possuam computadores em casa, trabalhem juntamente com seus pais em diversos temas, desse modo, os pais tomam consciência do trabalho que as escolas desenvolvem com seus filhos, na introdução e utilização da tecnologia no ensino.

Quanto aos aspectos relacionados à **construção do conhecimento**, a Internet está sendo utilizada nas escolas americanas, com esse objetivo, ou somente como um banco de dados ou um biblioteca mais sofisticada?

Nessa perspectiva, em várias das entrevistas realizadas foram ressaltados aspectos relacionados com a **Internet como um ambiente de aprendizagem,** questionou-se se os alunos utilizando a Internet, constroem realmente o conhecimento, ou somente a utilizam como uma ferramenta mais sofisticada.

Quanto a esse aspecto, infere-se dos depoimentos e reflexões dos professores, que os alunos podem ou não construir conhecimentos pela Internet, dependendo de como o professor planeja sua proposta pedagógica. Nesse sentido, o aspecto relevante passa a ser a postura metodológica do professor, que planeja atividades e projetos que possam envolver os alunos, não em uma simples consulta, mas, acima de tudo, em uma situação na qual eles utilizem e trabalhem as informações coletadas no contexto em que está inserido, reestruturando e reavaliando essas informações, relacionando-as com seus objetivos.

Quanto ao "estado da arte" em tecnologia educacional, alguns professores acreditam que esse estado se traduz nas tecnologias presentes na sala de aula, tais como, produção de multimídias e/ou WWW. De acordo com algumas entrevistas, as tendências educacionais em tecnologia apontam para a realidade virtual na Web. Esse fato, na concepção de uma das professoras entrevistadas, acarreta toda uma série de problemas éticos, como o de ter-se crianças como consumidores.

Explicita esta concepção, alertando que se ao experimentarem realidade virtual de maneira física, as crianças poderão não entender que a realidade virtual não se constituindo em uma experiência "real", embora os seus corpos a experimentem como "real". Assim sendo, postula que todos temos muito o que aprender a pensar eticamente sobre realidade virtual. Espera que antes que os programas de realidade virtual passem a fazer parte da sala de aula, os professores possam fazer uma reflexão séria do ponto de vista epistemológico sobre as crianças, isto é, como se processa a construção do conhecimento, o que elas são capazes de entender em diferentes idades.

Um outro aspecto comentado sobre realidade virtual relaciona-se com o fato de se refletir sobre a origem desses programas. Encontram-se, no mercado, programas de realidade virtual que apresentam características e aspectos que nem sempre são adequados à sala de aula. Nesse contexto: no que consistiria a realidade virtual na sala de aula para crianças? Quem está pensando em elaborar programas de realidade virtual para crianças? Qual é a formação dos idealizadores dos ambientes computacionais que abordarão realidade virtual?

Ressalta-se que estes questionamentos são polêmicos, do ponto de vista teórico-metodológico. Uma das professoras entrevistadas observa que o mercado educacional não gera tanto dinheiro quanto os outros mercados, e desse modo: quem são as pessoas que

participam da produção de softwares e o que elas pensam sobre as necessidades das crianças, o que elas sabem do processo de construção do conhecimento? Eis aí pontos para uma possível reflexão.

Nessa perspectiva, acredita-se que a realidade virtual seja a próxima tendência da utilização de computadores na sala de aula e, assim sendo, os educadores não devem simplesmente ficar esperando que outros tragam esse produto pronto até eles, pois poderão ser mais úteis e participativos se ajudarem na criação dos ambientes computacionais que as crianças vão utilizar.

Ainda sobre o "estado da arte" da tecnologia educacional, uma das professoras entrevistadas enfatiza que colocar tecnologia nas escolas significa estar conectado na rede Internet. No entanto, o "estado da arte" em Tecnologia e Educação, na concepção da referida professora, consiste em algo mais amplo e importante, consiste nas diversas maneiras chaves das quais se pode aprender a usar as tecnologias para construir, cada vez mais, conhecimento.

Ressalta ainda que a Educação utiliza recursos, tais como, papel, lápis, linguagem, entre outros e, que, com o avanço da tecnologia, tem-se um novo conjunto de ferramentas, que consiste no potencial da tecnologia e, desse modo, cabe aos professores, descobrir como usar essas novas ferramentas e fazer com que elas sejam parte integrante do processo educacional. Como são ferramentas novas, elas sugerem coisas novas, novas maneiras de ensinar, novas maneiras de compreender o verdadeiro significado do que é ensinar e aprender, novas maneiras de abordar e pensar sobre o currículo.

Um outro aspecto abordado nas entrevistas relaciona-se à utilização, nas escolas, dos diversos softwares e da Linguagem Computacional Logo. Nessa interação, pelos aspectos comentados e reflexões, vários professores ressaltaram as potencialidades do ambiente Logo, no processo de construção do conhecimento. Porém citaram também algumas dificuldades dos professores na utilização desse ambiente. Reportaram-se também aos outros ambientes computacionais, colocando idéias e concepções a respeito de se utilizar um ou outro ambiente computacional, na sala de aula.

Uma das professoras entrevistadas ressaltou que Logo é uma linguagem de computação poderosa e extremamente rica para a exploração de conceitos matemáticos. Trata-se de uma linguagem de computação visual, isto é, um comando é escrito e pode-se ver a sua representação visual, ao mesmo momento. Assim sendo, os alunos podem fazer ajustes nos seus programas e certificar, imediatamente para conferir se era aquilo mesmo que eles queriam escrever. Considera Logo uma boa linguagem de computação através da qual as crianças, desde a 5ª série do ensino fundamental podem começar a aprender a programar o computador. Enfatiza ainda que não trabalhou ainda com Lego-Logo, mas sente-se fascinada com a idéia de utilizá-lo em suas aulas, devido às suas potencialidades de desenvolver conceitos de Matemática e Física. Acredita ainda que as crianças ficariam bem motivadas trabalhando com Lego-Logo, pois construiriam algum tipo de robô e então escreveriam programas através do Logo para manipular aquele robô.

Como já mencionado, neste capítulo, o uso da tecnologia na sala de aula, isto é, a escolha de um ambiente computacional está relacionada a vários fatores, tais como, à filosofia do professor, aos aspectos metodológicos, ao domínio a ser explorado, entre outros. Um dos principais aspectos consiste nos objetivos que o professor quer alcançar no desenvolvimento de conceitos em domínios específicos do conhecimento, e no envolvimento

do aluno no processo ensino/aprendizagem. Dessa forma, recorre-se a um depoimento de uma das professoras entrevistadas, que enfatiza essas concepções:

> "Nós ensinamos aos alunos, como usar uma biblioteca, não com muito sucesso, mas ensinamos. O que eles precisam é aprender a ser usuários da informação. A tecnologia é um grande veículo através do qual eles podem acessar a informação, mas é o processo educacional que tem que criar oportunidades de aprendizagem que realmente propiciem às crianças um ambiente de aprendizagem, para que elas possam dar sentido às informações; encontrar as conexões; responder às suas próprias perguntas e como formar a sua própria conduta de vida." (tradução e grifo da pesquisadora).

Nessa mesma perspectiva, ainda com respeito à escolha de softwares para utilização em sala de aula, nas escolas com as quais esta pesquisadora teve contato, em Albuquerque, um importante fator considerado relaciona-se à proposta educacional, a ser desenvolvida em sala de aula. Entretanto, *Kid Pix*, um ambiente que propicia à criança combinar gráficos, desenhar suas próprias figuras e, assim sendo, criar seus próprios projetos, tem sido um dos softwares preferidos por professores de cursos de pré-escola e de escolas de 1ª a 5ª série (Elementary Schools). Da mesma forma, para escolas de 6ª a 8ª série (Middle Schools) e cursos colegiais (High Schools), o mesmo critério, que leva em conta a proposta educacional a ser desenvolvida, deve ser considerado, entretanto, *HyperStudio* constitui-se em um dos softwares mais utilizados nas escolas visitadas.

Um outro aspecto importante advindo das reflexões das entrevistas realizadas, refere-se à existência de uma defasagem entre os recursos tecnológicos que as escolas oferecem aos alunos, e aqueles que eles vivenciam fora das escolas. A busca e iniciativa para manter os laboratórios escolares atualizados jamais estará completa, pois a velocidade com que os novos recursos estão disponíveis no mercado é muito grande. Recorre-se, nesse momento, as idéias da diretora entrevistada, a qual enfatiza que

> "Nós estamos fazendo com que os nossos alunos sintam-se familiarizados e confortáveis com qualquer tipo de tecnologia que eles provavelmente encontrarão no mercado de trabalho ou qualquer tecnologia que eles possam encontrar em suas casas. Nós achamos que a tecnologia, que muitos de nossos alunos possuem em suas casas é mais avançada do que nós temos em nossas escolas. Nós estamos tentando alcançar isto. Certamente, a tecnologia e os computadores que estarão disponíveis no mercado de trabalho quando os estudantes saírem do distrito escolar, serão bem mais avançados do que aquele que nós temos, então nós estamos tentando elevar o nosso nível." (grifo e tradução da pesquisadora).

Fatos como esses, acima delineados, mostram a preocupação e o empenho das escolas e dos professores em oferecerem a seus alunos verdadeiros ambientes de aprendizagem, adequados com os progressos e inovações da tecnologia na sociedade.

Considerando as análises e reflexões advindas dos depoimentos das entrevistas realizadas, neste capítulo, e fazendo um paralelo com a situação dos professores do Sistema de Escolas da Rede Pública de Campinas, e do Brasil, verifica-se que, na atualidade, investimentos ínfimos estão sendo feitos em termos de aperfeiçoamento de professores. A situação brasileira encontra-se em um estágio anterior, que consiste na introdução de computadores nas escolas, em alguns estados. Porém, somente colocar computadores nas escolas, não propicia uma Educação condizente com os anseios e necessidades da sociedade. Para tanto, torna-se necessário que haja uma política educacional que apoie e valorize o ensino informatizado, e ainda, reconheça o papel fundamental do professor, no desenvolvimento de uma proposta pedagógica que leve em conta os avanços da tecnologia. Tais idéias já foram comentadas no capítulo anterior, desta pesquisa.

Com as reflexões e considerações delineadas neste capítulo, espera-se oferecer aos professores e pesquisadores uma visão de como os computadores podem ser utilizados na sala de aula, e, além disso, elucidar algumas características sobre o "estado da arte" da Informática na Educação, com o objetivo de contextualizar o Logo neste cenário. Uma questão que surge, nesse momento, na qualidade de educadora matemática, traduz-se por: Como transpor essas idéias e concepções para o contexto da Educação Matemática? O próximo capítulo versará sobre esta questão.

CAPÍTULO 3

REFLEXÕES SOBRE AS TENDÊNCIAS ATUAIS DA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E DA INFORMÁTICA

> *"A década de 90 se apresenta como um marco de transição, de entrada no século XXI com uma presença marcada e dominante de tecnologia. A ciência desafiando esquemas religiosos, filosóficos e sociais, e a tecnologia aparecendo como o produto e ao mesmo tempo a moeda predominante nas relações comerciais e nos modelos de produção e mesmo de propriedade. O chamado racionalismo científico, do qual a matemática é o representante por excelência, aparece de maneira incontestável como base para toda essa ciência e tecnologia, e como a linguagem essencial para a ciência e a tecnologia dominantes, para as relações sociais e mesmo para o comportamento dos indivíduos, penetrando inclusive a sua intimidade." (D'Ambrosio, 1990, p.47).*

Ao delinear algumas reflexões e inferências sobre as tendências atuais da Educação Matemática e da Informática, faz-se necessário, situar a Matemática em um contexto social, político e cultural, contexto este que interfere significativamente, nessas tendências. Assim sendo, retorna-se à Antigüidade Clássica, e nesse sentido, recorre-se a abordagem crítica explicitada por D'Ambrosio (1990), qual seja:

> "A Matemática é, desde os gregos, uma disciplina de foco nos sistemas educacionais, e tem sido a forma de pensamento mais estável da tradição mediterrânea que perdura até os nossos dias como manifestação cultural que se impôs, incontestada, às demais formas. Enquanto nenhuma religião se universalizou, (...), a matemática se universalizou, deslocando todos os demais modos de quantificar de medir, de ordenar, de inferir e servindo de base, se impondo como o modo de pensamento lógico e racional que passou a identificar a própria espécie. Do Homo sapiens se fez recentemente uma transição para o Homo rationalis. Este último é identificado pela sua capacidade de utilizar matemática, uma mesma matemática para toda humanidade e, desde Platão, esse tem sido o filtro utilizado para selecionar lideranças." (D'Ambrosio, 1990, p.10) (grifo da pesquisadora).

Sob esse aspecto político da Matemática, enfatiza-se novamente as palavras de D'Ambrosio, expressas por: "A infabilidade da Matemática transformou-a no mais eficaz instrumento de dominação desde a Grécia antiga. Platão foi um dos primeiros a detectar essa conotação política da Matemática." (D'Ambrosio, 1990, p.8).

As concepções, acima delineadas, estarão permeando a análise e descrição deste capítulo, em outras palavras, concebe-se a Educação Matemática inserida em um contexto social, político e cultural, no qual, a Tecnologia interfere e influencia, de modo significativo, sua estrutura e inter-relações.

Assim sendo, propõe-se, neste capítulo, elucidar algumas das dimensões sobre as inter-relações[1] entre a Educação Matemática e as novas tecnologias. Para tanto, tecem-se algumas reflexões teórico-metodológicas a respeito desta temática.

Nesse sentido, pretende-se recuperar aspectos de algumas pesquisas que foram e/ou vêm sendo realizadas no Brasil e no exterior que tomam como objeto de estudo esta inter-relação. Além disso, propõe-se buscar fundamentos em estudos realizados, por meio de leituras, interpretações e análises de Anais de Congressos, tanto nacionais como internacionais, que possam fornecer substrato teórico-metodológico, para nos posicionar como educadores matemáticos frente às tendências atuais.

Tal fundamentação propicia elementos para se esboçarem algumas considerações quanto à situação que permeia os nossos dias, o campo da Educação Matemática que, segundo a concepção desta pesquisadora, poderia ser redimensionado, objetivando transcender e ultrapassar os grandes desafios que se impõem com o advento das novas tecnologias.

Como já foi comentado no Capítulo 1, desta pesquisa, a introdução e disseminação da Tecnologia na sociedade e na Educação, provocou novas maneiras de gerar e dominar o conhecimento, novas formas de comunicação entre as pessoas e com o mundo exigindo pensamentos críticos, habilidades e conhecimentos relacionados à tomada de decisões, e à resolução de problemas práticos. E, desse modo, qual seria a formação exigida ao sujeito nessa nova sociedade tecnológica? Respondendo a esse questionamento, pode-se afirmar que a formação do sujeito deve ser repensada e refletida em um contexto mais amplo, no qual a Tecnologia se faz cada vez mais presente.

Refletindo sobre essa questão, acredita-se que a Educação desempenha uma importante função na preparação de indivíduos críticos, conscientes e livres, atualizados com os avanços tecnológicos, integrados plenamente na sociedade que, a cada momento, se atualiza e se transforma. Conseqüentemente, a Educação deve propiciar ao sujeito ambientes nos quais possa ter contato com as novas tecnologias, para que em sua formação, ele não perca a dimensão do desenvolvimento científico e tecnológico que perpassa pelo país.

A Tecnologia assume funções diversas na sociedade dos países mais desenvolvidos, e também no Brasil, e, cada vez mais conquista espaço na área do ensino. Conscientes dessa nova realidade que cerca a todos nós, como educadores matemáticos, não se pode ficar alheios ao desenvolvimento, deve-se sim, refletir sobre os métodos de trabalho e teorias de ensino, adequando-os aos avanços tecnológicos. Como se insere a Educação Matemática nesse contexto?

3.1) A Educação Matemática no Contexto Tecnológico

Não se pretende neste trabalho de pesquisa, realizar um análise profunda da situação em que se encontra a Educação Matemática frente às novas tecnologias, mas sim tecer

[1] Entende-se por inter-relação entre a Educação Matemática e as novas tecnologias uma relação operacional entre esses campos do conhecimento, na qual um age sobre a outro, modificando suas estruturas básicas, transcendendo os limites e fronteiras desses, ao mesmo tempo em que preserva as suas características e especificidades próprias.

algumas considerações, com o objetivo de oferecer aos professores e pesquisadores da área uma reflexão sobre aspectos importantes que devem ser considerados sobre o campo da Educação Matemática.

Nessa perspectiva, recorre-se a D'Ambrosio (1990), quando ele explicita a importância da utilização de computadores no contexto educacional. Conforme suas palavras,

> "Creio que um dos maiores males que a escola pratica é tomar a atitude de que computadores, calculadoras e coisas do gênero não são para as escolas dos pobres. Ao contrário: uma escola de classe pobre necessita expor seus alunos a esses equipamentos que estarão presentes em todo o mercado de futuro imediato. Se uma criança de classe pobre não vê na escola um computador, como jamais terá oportunidade de manejá-lo em sua casa, estará condenada a aceitar os piores empregos que se lhe ofereçam. Nem mesmo estará capacitada para trabalhar como um caixa num grande magazine ou num banco. É inacreditável que a Educação Matemática ignore isso. Ignorar a presença de computadores e calculadoras é condenar os estudantes a uma subordinação total a subempregos." (D'Ambrósio, 1990, p.17) (Grifo da pesquisadora).

Uma situação que ilustra essas concepções, relaciona-se a uma experiência vivenciada pela pesquisadora em uma escola pública de Albuquerque, Novo México, USA, na qual se processou uma entrevista[2] com um dos professores, com o objetivo de enfatizar como a tecnologia pode ser utilizada na sala de aula.

A referida escola desenvolveu um projeto que consistiu de um programa de intercâmbio multi-cultural de viagens de campo com outra escola, dessa mesma cidade. As duas escolas localizam-se em partes distintas da cidade e possuem comunidades socio-econômico-cultural distintas, ou seja, em uma delas, cerca de 59,7%,da população dos alunos, é hispânica, 16,8% americanos nativos (índios), 16,8% de anglo-saxões 4% a 5% de asiáticos, e na outra escola, a maioria da população é de anglo-saxões (90%), a maioria loiros de olhos azuis. Em outras palavras, existe entre essas escolas, uma grande diversidade cultural. Assim sendo, a base deste projeto de intercâmbio consistiu em construir "pontes entre as comunidades".

No referido projeto, crianças do Jardim da Infância (pré-alfabetizadas) de uma das escolas (menos favorecida), utilizavam uma máquina de fax com o objetivo de compartilhar suas experiências culturais com outras crianças de uma classe social mais favorecida. Dessa forma, comunicavam-se com as crianças, enviavam fotos, trabalhos e pesquisas impressos no computador, desenhos e pinturas feitas com papel e lápis, cálculos e contas, entre outras atividades.

Nesse contexto, sobre o envolvimento das crianças no projeto, o professor entrevistado de uma das escolas, explicitou que,

---

[2] Ressalta-se que essa entrevista se encontra no Capítulo 2 desta pesquisa, mas por se tratar da enfâse dada na importância da Tecnologia como um fator de integração social, descreve-se novamente, neste capítulo, com o objetivo de elucidar como a Tecnologia pode servir ao ser em formação, e ainda propiciar aos professores de Matemática uma reflexão e uma possível transposição desse exmplo para o processo ensino/aprendizagem da Matemática.

> "Nós começamos com tarefas em nossa viagem de campo, por exemplo, Se você pudesse ser qualquer animal do zoológico, que animal você gostaria de ser? Imediatamente, começam a perceber que crianças de diferentes vizinhanças, enxergam o mundo de diferentes maneiras. Em uma outra tarefa, nós solicitamos aos estudantes que eles desenhem o que eles pensam que viram em um vilarejo indígena ("indian pueblo"). Dependendo da vizinhança e conhecimento étnico, nossos estudantes desenharão diferentes visões dos vilarejos indígenas. Esses fatos mostram como as crianças tornam-se alertas às similaridades e diferenças entre as pessoas, elas aprendem a apreciar a diversidade cultural como uma valiosa fonte." (grifo e tradução da pesquisadora).

Nessa escola, pôde-se sentir, pela entrevista realizada que a Tecnologia está sendo introduzida e trabalhada com a finalidade de servir plenamente à seus alunos, tornando-os capazes de inserirem-se no mercado de trabalho de maneira digna e plena. Nesse sentido, conforme as palavras do professor entrevistado,

> "Informação é poder, um quarto de um por cento das crianças desta comunidade possuem computadores em suas casas, enquanto que na John Bigfellow Elementary School, noventa por cento das crianças possuem computadores em suas casas, assim sendo, possuem mais familiaridade com a tecnologia. Essa tecnologia pode ensinar habilidades importantes para a sua sobrevivência. Tecnologia tem o potencial de ser um equalizador. Proporciona às crianças se comunicarem com outras pessoas, terem o mesmo acesso a informações. Permite ainda desenvolver habilidades de raciocínio, cada vez mais complexas Todos os níveis de escolaridade aprendem habilidades importantes para se comunicarem e se integrarem na sociedade, então acho que a tecnologia pode propiciar isto. As crianças dessa escola não costumam chegar em casa e estudar ou mesmo pesquisar, assim sendo, é importante que elas façam o máximo possível na escola." (grifo e tradução da pesquisadora).

Enfatiza-se que em algumas outras entrevistas realizadas, no capítulo anterior desta pesquisa, encontra-se essa mesma abordagem dada à Tecnologia. Tal abordagem, é extremamente importante, pois proporciona ao ser em formação a sua plena inserção na sociedade em que vive, isto é, a Tecnologia não consiste apenas em um recurso a mais para os professores motivarem as suas aulas, consiste sim em um meio poderoso que pode propiciar aos alunos novas formas de gerarem e disseminarem o conhecimento. Assim sendo, os professores de Matemática devem refletir sobre o exemplo acima, criando projetos nas escolas que possam oferecer oportunidades para que os alunos aprendam Matemática e ao mesmo tempo, utilizem a Tecnologia de forma que a Matemática, no contexto tecnológico, torne-se um caminho que possa superar as desigualdades sociais e ainda possibilitar a formação adequada do sujeito ao mercado de trabalho.

Dessa forma, a Matemática deve ser mediada, não simplesmente por modelos obsoletos, que não contribuem de modo significativo para o desenvolvimento e transformação do indivíduo, mas por metodologias alternativas em que o ser em formação vivencie novos processos educacionais, que façam sentido e tenham relação com a sua integração na sociedade. Sem uma educação matemática, com qualidade, a criança ou o jovem talvez não tenham oportunidades de crescerem no saber matemático, saber esse, importante para sua qualificação profissional em qualquer área. Assim sendo, o saber matemático deve ser vivenciado no contexto tecnológico, se assim não for, infere-se que a exploração, pelos alunos, das possibilidades inerentes ao desenvolvimento científico e tecnológico que perpassam a sociedade estará cada vez mais restrita.

Explorar as possibilidades tecnológicas, no âmbito do contexto ensino/aprendizagem deveria constituir necessariamente uma obrigação para a política educacional, um desafio para os professores e, por conseguinte, um incentivo para os alunos descobrirem, senão todo o

universo que permeia a Educação, pelo menos o necessário, nesse processo, para sua formação básica, como ser integrante de uma sociedade que se transforma a cada dia.

Com o objetivo de reforçar as concepções acima, recorre-se à Gatti (1992), quando esta pesquisadora aborda a Informática na sociedade, referindo-se a escassez de informação existente entre as questões relacionadas com a Tecnologia e a Informática no contexto educacional.

> "Está na hora da escola assumir seu papel na sociedade atual. As inovações que temos presenciado têm deixado a educação para trás e também, os educadores, para trás. Estamos convivendo com uma geração de jovens que estão adquirindo novas habilidades e formas de pensar diante de um video game, por exemplo, os quais, na escola, assistem ao professor demonstrar, de forma clássica, um teorema. Tal fato nos leva a pensar na necessidade urgente de abrir essas novas formas do saber humano, de gerar e de disseminar o conhecimento na formação do professor, quer seja na sua formação básica no curso de magistério, quer seja na sua formação continuada, isso se não quisermos ficar estagnados no século l8." (p.157, grifo da pesquisadora).

Caberia, então, aos professores-educadores de Educação Matemática proporcionar contextos favoráveis para que a energia criativa do educando aflore e conseqüentemente se processe através de novas formas de conhecimento e de compreensão, que possibilitariam ao indivíduo a liberdade de expressar-se como cidadão pleno integrado e consciente de seus direitos em uma sociedade cada vez mais competitiva.

Essa liberdade de expressão, que procura-se e almeja-se, em que o sistema educacional deveria constituir-se no cenário ideal capaz de incentivá-la e processá-la, como função prioritária de todo processo educativo não é tampouco evidenciada nesse contexto; na verdade o que constata-se é justamente o efeito contrário ao desejado. Assim sendo, faz-se pertinente nesse momento, recorrer a Dante (1988), que reforça nossas concepções acima delineadas:

> "Iniciativa, invenção, criatividade, aventura e coragem são características freqüentemente arroladas como sendo desejáveis num processo educativo. Mas, como tem sido concebido e desenvolvido este projeto, essas características são esperadas como emergindo no educando, mais como produto final da educação, do que fazendo parte constante do desenvolvimento educativo. (...) E, se concentrarmos a atenção na Educação Matemática, em vez de na Educação em geral, a situação piora sensivelmente. Não tem havido lugar para essas características no Ensino da Matemática, pois, em lugar de ser vista como uma área de atribuição de significados por parte do jovem que chega à escola, ela é considerada como uma área pronta, de conhecimentos e de informação, a ser transmitida." (p.4) (grifo da pesquisadora).

De acordo com as perspectivas, acima, acredita-se que uma abordagem da Educação Matemática, nesse cenário tecnológico, merece e necessita reflexões e estudos, cada vez mais intensos dos pesquisadores. Atualmente com as novas tecnologias torna-se inconcebível que a Matemática seja tratada de forma tradicional, com conteúdos estanques, desvinculados uns dos outros, e do real. Sabe-se que esses novos recursos tornam, muitas vezes, o currículo tradicional de Matemática obsoleto e ultrapassado. Além disso, os novos ambientes computacionais disponíveis possibilitam contextos propícios para o desenvolvimento de noções e conceitos geométricos. Ressalta-se que esse aspecto será abordado mais adiante, neste capítulo, quando se apresenta alguns ambientes computacionais que podem ser utilizados no ensino da Geometria.

3.1.1) Pesquisas sobre a Educação Matemática frente às Novas Tecnologia

Nesse sentido, na presente pesquisa, procurando oferecer aos professores uma visão das tendências atuais da Educação Matemática frente às novas tecnologias, recorre-se a alguns trabalhos realizados por Paul Ernest, em sua obra: *Mathematics Teaching: The State of the Art*.

Nessa perspectiva, Ernest (1991), ao discorrer sobre novas tecnologias em sua obra, postula que o mais importante desenvolvimento dos anos 80 para o ensino da Matemática tem sido o avanço e a disseminação dos novos produtos produzidos pela Tecnologia. Esses produtos incluem calculadoras eletrônicas, microcomputadores e sistemas de vídeos interativos, assim como, gravadores, robôs programáveis, como a tartaruga, e outros dispositivos. O impacto desses produtos no currículo de Matemática pode ser avaliado tanto no **conteúdo** quanto nas **maneiras pelas quais se processam o ensino e a aprendizagem**.

O impacto de novas tecnologias no conteúdo do currículo de Matemática, através da adoção universal de novos produtos, especialmente da calculadora eletrônica e do computador, faz com que a Educação dos tempos modernos exija uma **nova dimensão do conhecimento** e da competência dos alunos na utilização desses recursos, especialmente nas aulas de Matemática. As funções desses novos recursos tornam o currículo tradicional de Matemática obsoleto e ultrapassado. Com calculadoras eletrônicas e softwares computacionais, números inteiros, frações e cálculos decimais não precisam ser "tratados à mão".

As novas tecnologias requerem uma nova ênfase no currículo. Este deve oferecer condições para que os alunos se sintam capazes de interpretar e verificar resultados numéricos, tabelas e gráficos, de pensarem proceduralmente, de descrever e depurar programas.

O outro aspecto relacionado às novas tecnologias, enfatizado pelo referido autor, diz respeito **às maneiras de ensinar e aprender Matemática**. Com a calculadora e o computador na sala de aula, o professor transforma-se em mediador do processo educativo. Embora esses equipamentos possam ser usados de diferentes maneiras, esses novos recursos eletrônicos encorajam uma abordagem exploratória para a aprendizagem da Matemática. Os melhores exemplos de softwares e de vídeos interativos são projetados para propiciar o desenvolvimento da criatividade e do raciocínio. Programar computadores em Basic, Logo, Prolog, ou outra linguagem computacional é uma atividade que requer diferentes estratégias de resolução de problemas.

Ernest, em defesa da utilização das novas tecnologias na Educação Matemática, conclui seu artigo, dizendo que: "A escola, em particular a sala de aula de Matemática, é o lugar no qual as crianças precisam ser preparadas para o mundo de amanhã, especialmente nos aspectos tecnológicos." (Ernest, 1991, p.13) (tradução da pesquisadora).

Analisando as palavras acima, constata-se que muitas escolas brasileiras não têm cumprido a função de preparar os alunos para o mundo tecnológico, que não é mais uma abstração intelectual, mas uma realidade que se impõe, cada vez mais intensamente, e que se deve enfrentar, refletindo e remodelando as formas de se ensinar Matemática, adequando-as às exigências da sociedade informatizada. Desse modo, deve-se procurar criar verdadeiros

ambientes de aprendizagem, com recursos tecnológicos disponíveis aos alunos, e, acima de tudo, com uma proposta pedagógica atualizada que leve em conta os avanços da tecnologia. Nesse sentido, a função do professor torna-se extremamente importante, ou seja, mediar o processo ensino/aprendizagem no contexto tecnológico, requer novas formas de atuação que levem em conta a inserção e disseminação dos computadores na sociedade e Educação.

Nessa perspectiva, como já mencionado, no Capítulo 1 desta pesquisa, Papert (1985), ao mencionar sobre o desempenho do professor nesse contexto, no qual o computador se faz, cada vez e com mais intensidade, presente em nossos dias, preconiza que

> "O educador deve atuar como antropólogo. E, como tal, sua tarefa é trabalhar para entender que materiais dentre os disponíveis são relevantes para o desenvolvimento intelectual. Assim, ele deve identificar que tendências estão ocorrendo no meio em que vivemos. Uma intervenção significativa só acontece quando se trabalha de acordo com essas tendências. Em meu papel de educador-antropólogo eu vejo novas necessidades sendo geradas pela penetração dos computadores na vida das pessoas." (p.50) (grifo da pesquisadora).

De maneira geral, as dificuldades que os professores encontram para ensinar Matemática de uma maneira culturalmente integrada deve-se a um problema objetivo segundo expõe esse mesmo autor:

> "... antes dos computadores, havia pouquíssimos bons pontos entre o que é mais fundamental e envolvente na Matemática e qualquer coisa existente na vida cotidiana. Mas o computador – um ser com linguagem matemática fazendo parte do dia-a-dia da escola, dos lares e do ambiente de trabalho – é capaz de fornecer esses elos de ligação. O desafio à educação é descobrir meios de explorá-los." (Papert, 1985, p.69) (grifo da pesquisadora).

Nesse sentido, Papert lembra que em outros tempos houve uma separação de nossa cultura em duas áreas: a de "humanas" e a de "ciências". Platão escreveu na sua porta: "Entrada permitida para geômetras". Papert ainda explicita que a presença do computador pode "plantar sementes" que conseguiriam gerar uma cultura epistemológica menos dissociada.

Convém ressaltar que o "status" da Matemática contemporânea é um grande alerta para essa dissociação. Na explanação de seu livro, Papert tenta mostrar como a presença do computador pode levar as crianças a uma relação mais humana com a Matemática. Para tanto, é necessário ultrapassar a discussão sobre o que é Matemática e adentrar em uma nova perspectiva do processo ensino/aprendizagem.

Constata-se que nossa cultura educacional propicia aos jovens uma matemática completamente desvinculada do mundo real, como um modelo a ser seguido, modelo este que Papert chama de "modelo da decoreba", em que os conhecimentos inerentes a ele são tratados sem significação e sem vislumbramento de aplicabilidade; sendo assim, constitui-se sem dúvida em um modelo dissociado.

Aprofundando essa idéia, Papert utiliza uma metáfora, expressa pela metáfora da "Matelândia", para questionar idéias profundamente arraigadas sobre os dons intelectuais humanos. Nesse sentido apresenta o exemplo da aprendizagem da Geometria formal pelas crianças, e postula que atualmente se aceita que essas não podem aprender Geometria formal sem antes freqüentar a escola por alguns anos e, mais ainda, que geralmente muitas dessas crianças não podem aprendê-la nem mesmo assim. Entretanto, ao fazer uma analogia com a

aprendizagem de Francês pelas crianças, diz que a argumentação sobre a Geometria é infundada, pois sabe-se muito bem que as crianças americanas aprendem "mal" Francês em suas escolas porém, se estudassem esse idioma vivendo na França, tal fato não se evidenciaria. Dessa forma, faz uma suposição de que "muito do que hoje vemos como demasiadamente "formal" ou demasiadamente "matemático" será aprendido facilmente quando as crianças, num futuro bem próximo, crescerem num mundo rico em computadores." (Papert, 1985, p.19).

A utilização de computadores no ensino da Matemática, para Papert, chegaria a alterar fundamentalmente a concepção de nossa cultura sobre conhecimento e aprendizagem.

Esses são argumentos que reforçam as concepções delineadas neste estudo. Assim sendo, deve-se ter em mente sempre que os educadores matemáticos precisam cada vez mais colaborar para propiciar ambientes de aprendizagem que possibilitem aos alunos a sua integração no mercado de trabalho, de forma criativa e crítica.

Em estudos relacionados à introdução de computadores na Educação Matemática, uma das investigações que elucida a inter-relação entre a Educação Matemática e as novas tecnologias, consistiu na dissertação de Mestrado desta pesquisadora, a qual abordou, em uma perspectiva histórico-crítica, alguns aspectos sócio-culturais, políticos, e científicos do desenvolvimento histórico da Educação e da Educação Matemática. A intenção, naquela pesquisa, foi contextualizar a introdução dos computadores no cotidiano escolar, respondendo ao processo de informatização que é uma exigência para o crescimento de toda sociedade em nossos dias.

Assim sendo, apresentou-se uma proposta metodológica alternativa, baseada em Logo e em Resolução de Problemas, a qual enfatizou o dinamismo microgenético das condutas cognitivas de dois sujeitos pertencentes aos Estudos de Caso realizados. Um dos Estudos explorou conceitos de Geometria Plana, por meio do Logo Bidimensional, e o outro explorou conceitos da Geometria Espacial, através do Logo Tridimensional.

Em tal dissertação pôde ser constatada a inter-relação da Geometria da Tartaruga com as diversas formas de abordagens da Geometria, tais como: Geometria Intuitiva, Geometria Euclidiana, Geometria Analítica, Geometria Projetiva, Geometria Espacial.

Além disso, em Miskulin (1994a), foi abordado o ensino da Matemática frente às novas tecnologias enfatizando que tal ensino contribui efetivamente para a formação integral do indivíduo como um ser capaz de interpretar, compreender e apreciar o mundo que o cerca, a fim de que este resgate os aspectos geométricos que permeiam a sua relação com o espaço em que está inserido. Tal abordagem teve como objetivo ressaltar a importância do ensino da Geometria frente às novas tecnologias.

Quando se propõe neste trabalho de pesquisa, buscar na literatura concepções e fundamentos, através de exemplos, trabalhos científicos e publicações, entre outros, que justifiquem a introdução e disseminação de computadores, na Educação Matemática, não se espera, com isso, que todas as escolas brasileiras, de um momento para o outro, comecem a utilizar a Tecnologia, e mais especificadamente, Logo, nas aulas de Matemática, mas almeja-se que pesquisas nessa linha de investigação sejam realizadas, e possam proporcionar aos professores e pesquisadores da área uma reflexão sobre suas metodologias e teorias de ensino,

adequando-os ao cenário tecnológico, que se faz, cada vez mais presente, na sociedade e na Educação.

Com as perspectivas delineadas acima, procurando oferecer aos pesquisadores desta área, uma visão das tendências atuais da Educação Matemática frente às novas tecnologias, recorre-se a uma outra referência, qual seja, às Normas para o Currículo e a Avaliação em Matemática Escolar[3], elaboradas pelo National Council of Teachers of Mathematics – NCTM. Tais normas constituem uma parte da resposta dada pela comunidade dos educadores matemáticos às solicitações da reforma do ensino e aprendizagem da Matemática. Elas representam ao mesmo tempo uma reflexão e um prolongamento das respostas dos educadores aos desejos de mudança. Nesse documento está assumido o consenso de que todos os alunos necessitam aprender mais Matemática, uma Matemática diferente, cujo ensino deve ser significativamente revisto.

Historicamente tem havido três razões que levaram à adoção formal de conjuntos de normas, quais sejam: garantir qualidade, indicar objetivos e promover mudanças. Dentre os vários aspectos abordados pelo NCTM, nesse documento cita-se um que se relaciona com essa pesquisa, qual seja, a utilização da tecnologia no processo ensino/aprendizagem da Matemática. Nesse sentido, conforme as próprias palavras dos autores:

> "Todos os países industrializados têm vindo a experimentar a mudança de uma sociedade industrial para uma sociedade da informação, um movimento que transformou não só os aspectos da Matemática que há necessidade de transmitir aos alunos como os conceitos e processos que eles devem dominar, se pretendemos que se tornem cidadãos produtivos e auto-realizados no próximo século. A referida mudança social e econômica pode ser atribuída, ao menos em parte, à existência de calculadoras, de computadores e de outras tecnologias. A utilização desta tecnologia alterou de modo dramático a natureza das ciências físicas, sociais e humanas, o mundo dos negócios, a indústria e a atividade de governação. Os relativamente lentos meios mecânicos de comunicação — a voz e a página impressa — foram coadjuvados pela comunicação eletrônica, permitindo que a informação seja partilhada quase instantaneamente com outras pessoas — ou máquinas — em qualquer outro lugar. A informação é o novo capital e o novo material, os meios de comunicação são os novos meios de produção. O impacto desta mudança tecnológica não é mais uma abstração intelectual. Tornou-se uma realidade econômica. Hoje em dia o ritmo da evolução econômica é acelerado continuamente pela inovação nas comunicações e na tecnologia dos computadores." (National Council of Teachers of Mathematics, 1994, p.3).

Analisando o contexto complexo, delineado pelas palavras acima, na qualidade de professora-educadora de Matemática, esta pesquisadora deve se posicionar, refletindo e buscando novas estratégias de trabalho, procurando envolver-se em projetos que possam propiciar aos alunos ambientes diversos, condizentes com o avanço e o ritmo tecnológico, que eles encontram na sociedade, pois sabe-se que o rítmico lento dos meios de comunicação, como explicitado acima, foram substituídos por partilhas de informações com velocidades cada vez maiores, propiciando à sociedade a democratização do acesso à informação, em um tempo ínfimo, influenciando, de modo significativo as tomadas de decisões das pessoas e, ainda, transformando suas concepções de mundo.

Dessa forma, na qualidade de educadora matemática, questiona-se, constantemente: Como transpor essas concepções e abordagens, para a sala de aula? Não respondendo, mas

[3] Tais normas resultaram da tradução portuguesa dos Standards do National Council of Teachers of Mathematics -NCTM.

tentando delinear reflexões a esse respeito, buscam-se na literatura, pesquisas que elucidem essas idéias.

Trata-se de um outro trabalho extremamente importante que ressalta a relevância da Tecnologia no processo ensino/aprendizagem da Matemática, refere-se à pesquisa de D'Ambrosio et al. (1995), intitulada: *Strategies for Increasing Achievement in Mathematics,* a qual enfatiza que, em 1990, o National Assessmente of Education Progress (NAEP) – órgão americano responsável pela avaliação nacional, constatou uma grande porcentagem de estudantes americanos com nível de proficiência em Matemática abaixo do esperado em relação às suas idades.

Assim sendo, a referida pesquisa, refere-se a estratégias matemáticas que promovem melhorias no ensino da Matemática. Tais estratégias objetivam enriquecer o aprendizado dos estudantes em Matemática, e são apoiadas em pesquisas sobre como os estudantes aprendem com mais efetividade. Dividem-se em três categorias: *aprendizagem dos estudantes*, *aplicações de conteúdos* e *abordagens instrucionais.* Essas estratégias visam, de forma específica, uma melhoria nas abordagens dos estudantes em lidar com alguns itens, relacionados abaixo, tais como:

- Relacionar a Matemática às experiências do mundo real;
- Escrever e conversar sobre Matemática;
- Trabalhar cooperativamente para solucionar problemas;
- Explorar conceitos matemáticos com material manipulativo;
- Usar calculadoras e computadores;
- Construir os seus próprios conceitos matemáticos.

Observa-se que uma das estratégias acima, relaciona-se à utilização de computadores. Nesse sentido, os autores, acima citados, enfatizam alguns aspectos que mostram os benefícios e a importância de se utilizar a Tecnologia na sala de aula.

Um deles refere-se ao fato de que a Tecnologia pode ser usada como uma ferramenta para resolução de problemas. Calculadoras, planilhas eletrônicas, programas gráficos e ambientes matemáticos estruturados (Theorist e Mathematica) podem ser utilizados na sala de aula pelos professores, com o objetivo de envolver os estudantes em processos de resolução de problemas. Um outro aspecto, comentado pelos autores acima, consiste na utilização da tecnologia para gerar ambientes exploratórios de Matemática. Nesse sentido, citam os ambientes computacionais: *Geometric Supposer*, *Geometer's Sketchpad* e *Algebra Expresser*, e ressalta que esses ambientes podem ser utilizados para criar ambientes exploratórios em Matemática. Enfatizam ainda que ambientes de programação, como Logo, propiciam um ambiente significativo de aprendizagem, no qual os alunos constroem idéias e conceitos matemáticos.

Nessa mesma perspectiva, os referidos autores, ressaltam que os professores devem desenvolver projetos que envolvam os alunos na compreensão sobre a utilização da Tecnologia. Através de experiências as crianças e jovens podem perceber de que maneira cálculos computacionais podem ser mais eficientemente realizados do que por matemática mental, por lápis e papel, ou por calculadoras. Os estudantes do ensino médio podem trabalhar com fractais gerados pelo computador, e assim sendo, perceber que a tecnologia está aberta à novos caminhos para novas descobertas e novas fronteiras da Matemática (D'Ambrosio et al., 1995, p.130) (tradução da pesquisadora).

Uma outra abordagem extremamente rica do ponto de vista metodológico, que elucida a inter-relação da Matemática com as novas tecnologias, refere-se ao trabalho de uma professora de uma escola particular de Campinas, que desde 1995, utiliza em suas aulas de Matemática a Linguagem Computacional Logo.

A referida professora informou que na 5ª série do ensino fundamental, trabalha o quebra-cabeça Tangram no Logo, com o objetivo de desenvolver conceitos sobre proporcionalidade. As crianças manipulam as peças do Tangram, explorando suas relações e características próprias e depois constroem o quebra-cabeça no computador. Na 6ª série do ensino fundamental, ela trabalha a construção de regularidades através de mosaicos e rosáceas elaborados pelos alunos no ambiente Logo. Utiliza Logo na 7ª série do ensino fundamental, com o objetivo de introduzir álgebra. Explora variáveis com seus alunos, elaborando projetos em Logo. Fatos como esses elucidam as potencialidades desse ambiente na construção de conceitos geométricos. A referida professora ressalta que os trabalhos dos alunos foram expostos em uma feira de Informática, realizada em 1997, pela Escola do Futuro da USP/São Paulo.

Nessa perspectiva, convém mencionar o projeto desenvolvido no Instituto de Matemática da UNICAMP, intitulado: Ensino da Cálculo Através de Projetos: Módulos de Aprendizagem Informatizada. Tal projeto integra a filosofia do "Ensino Através de Projetos" com a incorporação da Informática, como suporte para uma melhor compreensão dos conceitos e realizações de tarefas. Nesse projeto utiliza-se o software Mathematica (Fonte: http://www.emu.ime.unicamp.br). Uma ilustração do CD-ROM interativo *Utilizando Formas*



Figura 3.1 – Ensino da Cálculo Através de Projetos: Módulos de Aprendizagem Informatizada

e Trajetórias, desenvolvido no Laboratório de Pesquisa em Educação Matemática na Universidade – EMU, do Instituto de Matemática da UNICAMP, está apresentado na Figura 3.1 acima.

Nessa mesma linha de raciocínio, com o objetivo de oferecer aos professores e pesquisadores da área, reflexões e considerações sobre a Educação Matemática inserida no cenário tecnológico, recorre-se a outras pesquisas que elucidam essa temática. Trata-se do trabalho memorável realizado na universidade de Londres, por Richard Noss e Celia Hoyles.

Nesse contexto, os autores citados publicaram um livro em 1992, intitulado: *Learning Mathematics and Logo*, no qual apresentam uma coletânea de artigos de diversos pesquisadores que trabalham com Logo e Educação Matemática (Hillel, Sutherland, Loethe, Kynigos, Edwards, Kieren, Gurtner, Vitale, Leron e Zazics, entre outros). Nessa obra, cada autor apresenta um artigo específico sobre Logo e Matemática, ressaltando as potencialidades desse ambiente computacional na exploração e construção de conceitos geométricos. Nesse sentido, os autores do livro ressaltam, entre outros aspectos que, "Há consideráveis evidências de que Logo proporciona um ambiente computacional, no qual a Matemática pode se desenvolver, e que esse ambiente pode propiciar acesso a idéias não desenvolvidas em outros meios" (Hoyles et al., 1992, p.432) (tradução da pesquisadora).

Os referidos autores, em uma outra obra, referem-se à importância da utilização da Tecnologia na Matemática, enfatizando que

> "… o computador tem desempenhado uma parte central em nossa estória. Ele tem oferecido uma "janela" em direção aos caminhos pelos quais o aprendizado matemático, pode se tornar descentralizado e apreciado como uma parte da realidade social e cultural, mais do que somente, habilidades isoladas desconectadas da vida real. O computador tem acrescido as possibilidades de raciocínios de ambientes matemáticos de aprendizagem, nos quais a interação e a compreensão são mutuamente construtivos. Mudança real envolverá uma mudança em culturas, uma reconexão dos papéis funcionais e culturais da Matemática. Acreditamos que o computador possa ser um agente de reconexão, não um determinante de mudanças em si mesmo." (Noss, et al., 1996, p.256) (tradução da pesquisadora).

Pesquisas na, literatura, mostram que cada vez mais que a Informática está sendo utilizada no contexto escolar. Dessa forma, buscam-se, na pesquisa de Gutiérrez (1996), fatos que elucidem a utilização de computadores no processo de visualização geométrica. Esse autor trabalha com a geometria em três dimensões com um software interativo.

O referido autor ressalta que a Geometria pode ser considerada como a origem da visualização em Matemática, entretanto, ao examinar os trabalhos ou livros publicados, nos últimos anos, tratando de visualização na Educação Matemática, encontra-se que muitos deles enfocam o ensino e a aprendizagem de Cálculo (por exemplo, pensamento matemático avançado), muitos em (pré) álgebra e sistemas de números, alguns em Geometria Plana, e apenas alguns enfocando a geometria espacial. De alguma forma, esse fato é razoável desde que a visualização tenha sido sempre reconhecida como uma componente necessária para o ensino e a aprendizagem da Geometria (talvez a única exceção seja o período da "matemática moderna") e só recentemente tenha conquistado o mesmo reconhecimento em outras partes da matemática. Entretanto, a revolução tecnológica, que ocorreu na última década, com a popularização dos computadores e outras ferramentas de multimídia, ofereceu aos professores e pesquisadores novos elementos que podem remoldar os caminhos do ensino da geometria

espacial. Essas novas possibilidades têm que ser investigadas e analisadas em profundidade, como um primeiro passo em direção à sua implementação na sala de aula.

Uma das novas ferramentas que pode ser usada nas salas de aula são os programas de computadores dando uma representação tridimensional de objetos espaciais e permitindo aos usuários transformar esses objetos dinamicamente (transformações como rotações, traduções, amplificação ou seção por planos). Apesar do aspecto tridimensional dos objetos apresentados na tela, eles, como desenhos, são representações planas de objetos espaciais, assim, algumas das dificuldades bem conhecidas que os estudantes apresentam quando interpretam representações planas tradicionais de sólidos aparecem também com esses ambientes computacionais.

Na segunda parte desse artigo, o referido autor aborda algumas questões relacionadas à análise do comportamento de estudantes de uma escola primária e secundária, ao utilizarem um software dinâmico tridimensional. Observa as maneiras dos estudantes analisarem as imagens na tela, quando estão trabalhando em tal ambiente. Tais questões são discutidas sob a estrutura teórica organizada na primeira parte do artigo, e são exemplificadas por resumos dos trabalhos dos estudantes que foram observados pelo autor e outro profissional, como parte de um projeto de pesquisa que está acontecendo e que tem sido desenvolvido desde 1989 no Departamento de Matemática na Universidade de Valência.

Trabalhando nessa direção, Gutiérrez menciona que tem realizado experimentos com estudantes de uma ampla extensão de escolas primárias e secundárias, de idade entre sete e dezessete anos. Seleciona vários programas de computador que representam poliedros em perspectiva e que permitem aos usuários girá-los em torno de três eixos coordenados padrão (vertical, horizontal e ortogonal à tela) e então, pede-se que estudantes resolvam vários tipos de atividades. Uma das atividades consiste em solicitar aos estudantes para girarem sólidos na tela do computador de uma posição inicial a uma posição alvo desenhada no papel (uma cópia da tela do computador). Um dos objetivos dessa linha de pesquisa é analisar as variáveis relacionadas à visualização geométrica. Um outro objetivo relevante dessa pesquisa consiste em analisar as maneiras pelas quais os estudantes resolvem as diferentes atividades, prestando atenção aos tipos de imagens mentais e habilidades de visualização que eles usaram.

Nesse trabalho o referido autor, resumiu um modelo caracterizando o campo da visualização em Matemática e definiu seus principais elementos: imagens mentais, representações externas, processos e habilidades de visualização. Esse modelo é uma tentativa de integrar e completar vários elementos previamente definidos por Presmeg, Bishop, Clements e outros, que parcialmente explicaram as atividades dos professores e alunos quando eles usam a visualização como uma componente do processo ensino/aprendizagem da Matemática.

Uma outra pesquisa que aborda o ensino da Geometria ligada à Tecnologia refere-se à pesquisa desenvolvida por Edwards (1992), a qual descreve um micromundo particular, baseado em Logo, que propicia condições para se trabalhar com objetos e suas relações, em uma parte da Matemática, conhecida como geometria das transformações ou dos movimentos. O foco dessa pesquisa consiste em explorar as relações entre Logo e a geometria das transformações.

Assim sendo, a referida autora define Geometria das Transformações como sendo aquela que se relaciona com o mapeamento de um plano nele mesmo, incluindo, movimentos, tais como, translação, rotação e reflexão.

Em sua pesquisa, a autora acima citada enfatiza que o desenvolvimento de um micromundo específico para o ensino da Geometria e a pesquisa sobre o aprendizado de crianças pode ser visto como um Estudo de Caso, em um princípio de "design" de um ambiente baseado em Logo para a exploração Matemática. O objetivo dessa pesquisa consiste em projetar e investigar um ambiente computacional interativo, no qual estudantes poderiam explorar transformações geométricas. Uma das conclusões dessa pesquisa enfatiza que, no nível conceitual, existiam vários caminhos através dos quais conhecimentos anteriores de Logo foram utilizados para guiar e estruturar o desenvolvimento da compreensão dos estudantes em geometria das transformações.

Ressalta ainda que o micromundo utilizado nessa pesquisa possibilitou significativos "feedbacks" interpretáveis que os aprendizes puderam usar para refinar seus entendimentos sobre a estrutura de novas entidades matemáticas (Edwards, 1992).

Nessa mesma linha de investigação, uma outra pesquisa que enfatiza a utilização de computadores no processo ensino/aprendizagem da Matemática, refere-se ao trabalho de Kafai (1995), o qual aborda um projeto de "design" de jogos (video games) como uma abordagem propícia para o aprendizado de frações. A aprendizagem dos estudantes está relacionada a um grande objetivo intelectual e social, criando um jogo educacional que possibilita aos jovens e estudantes o ensino de frações.

Na referida pesquisa, a autora examina o aprendizado através de um projeto desenvolvido em um contexto não muito comum do ponto de vista acadêmico: video games. Esses jogos constituem-se na parte central da cultura das crianças do final do século XX. Nesses jogos, as crianças mobilizam energias que muitos educadores, pais e pesquisadores gostariam que fossem dedicadas à aprendizagem. Nessa pesquisa as crianças constroem seus próprios video games, ao invés de interagirem com jogos idealizados por outros. Os conceitos matemáticos explorados nesse projeto desenvolvido por alunos da 4ª série do ensino fundamental, relacionam-se com frações. Esse projeto investiga a construção de representações de frações, como um caminho para os estudantes refletirem sobre seus conhecimentos atuais e construírem conhecimentos sobre frações (Kafai, 1995).

Nessa mesma perspectiva, por considerar-se de extrema relevância ressaltar a importância do ensino da Geometria face às novas tecnologias, recorre-se às reflexões delineadas por Clements e Battista (1991), apresentadas no artigo *Geometry and Spatial Reasoning*.

> "Entendimentos espaciais são necessários para interpretar, compreender e apreciar nosso inerente mundo geométrico (National Council of Teachers of Mathematics, 1989, p.48).
> Geometria é captar o estreito espaço - espaço no qual a criança vive, respira e se movimenta. O espaço que deve aprender para conhecer, explorar, conquistar para viver, respirar e se movimentar melhor nele (Freudenthal, in National Council of Teachers of Mathematics, 1989, p.48).
> Emergindo da atividade prática e da necessidade do homem, em descrever seus arredores, as formas geométricas foram vagarosamente conceitualizadas até que elas tomaram um significado abstrato delas próprias.

> Assim, a partir da prática da medida da terra, foi desenvolvido um conjunto crescente de relações ou teoremas que culminaram nos Elementos de Euclides, a coleção, sínteses e elaboração de todo esse conhecimento (Fehr, 1973, p.370).
> Equações são apenas a aborrecida parte da Matemática. Eu, tento ver as coisas em termos da Geometria (Hawking, National Research Council, 1989, p.35)." (tradução e grifo da pesquisadora).

Os autores referidos postulam uma reflexão e análise da inter-relação entre a Geometria e o raciocínio espacial, a qual é descrita através de algumas abordagens. Na presente pesquisa enfatizar-se-ão algumas dessas abordagens, que parecem pertinentes e fundamentais para justificar e salientar a importância de se ensinar Geometria aos alunos, adequando-a às novas tecnologias, elucidando dessa maneira, as tendências da Educação Matemática frente às novas tecnologias.

Uma abordagem considerada pelos referidos autores acima mencionados se expressa por: "**Desenvolvimento do pensamento geométrico baseado em Piaget, nas idéias de Van Hiele e na Ciência Cognitiva**". A pesquisadora, desta tese, vai se deter no desenvolvimento do pensamento geométrico, segundo estudos baseados na teoria piagetiana, os quais representam, na sua concepção, aspectos fundamentais para esta pesquisa.

Nesse sentido, as representações do espaço não se constituem em noções percentuais, mas sim, são construídas através da organização progressiva das ações motoras internalizadas pelas crianças, resultando em sistemas operacionais. A organização progressiva das idéias geométricas segue uma ordem lógica e não uma ordem histórica da produção científica. Originam-se pelas relações topológicas, seguidas das relações projetivas e culminam nas relações euclidianas.

Para Piaget e Inhelder (1993), a diferença entre relações topológicas, projetivas e euclidianas refere-se à maneira pela qual os objetos distintos são relacionados uns aos outros:

- Topológicas: envolvem relações internas de uma figura particular;

- Projetivas: envolvem relações entre a figura e o sujeito;

- Euclidianas: envolvem relações entre figuras em si mesmas.

Dentro desses pressupostos, pode-se constatar nos Estudos de Caso, apresentados em Miskulin (1994a), em que foram analisadas as condutas cognitivas de sujeitos em situações práticas de resolução de problemas, o desenvolvimento e a representação do pensamento geométrico através da construção lógica, conforme explicitado acima.

A representação do espaço pelas crianças não é uma simples "leitura" percentual dos seus ambientes espaciais, mas é construída a partir da sua manipulação e interação ativa com o meio. O espaço subjetivo é uma interpretação da realidade, e não simplesmente uma reprodução da mesma.

Uma outra abordagem da pesquisa realizada por Clements e Battista, se apresenta como: "**O estabelecimento da verdade em Geometria**".

Os matemáticos, de uma maneira geral, estabelecem verdades através de provas, da lógica, do raciocínio dedutivo baseado em axiomas. Eles encontram essas verdades, freqüentemente por método intuitivos e empíricos, na natureza (Eves, 1976). O processo pelo qual uma nova Matemática é estabelecida constitui-se na crença pela forma dedutiva na qual ela está registrada (Lakatos, 1978). Na produção da Matemática, problemas são propostos, conjecturas feitas, contra exemplos apresentados e conjecturas revistas; um teorema resulta quando esse refinamento de idéias é julgado ter respondido a uma questão significante.

Em Geometria, assim como em outras áreas da Matemática, métodos empíricos e dedutivos podem interagir e, desse modo, reforçar um ao outro. Contudo, para muitos alunos de Geometria, métodos dedutivos e empíricos configuram-se em domínios separados por diferentes caminhos para estabelecer exatidão (Schoenfeld[4], citado por Clements et al., 1991).

Nesse sentido, nas investigações de Schoenfeld sobre os "métodos empíricos", observa-se o restrito uso pelos estudantes dessas construções geométricas baseadas nesses métodos. Entretanto, **construções empíricas através do computador** podem ser mais eficientes para o desenvolvimento de noções geométricas, por duas razões, quais sejam:

- Os sistemas computacionais requerem mais especificações e particularidades para as representações dos conceitos geométricos do que as representações efetuadas com lápis e papel.

- Pelo fato de o computador ser constituído por um sistema representacional, as representações das construções geométricas processam-se de maneiras diferentes do ensino tradicional. Assim, esse fato propicia ao professor o tratamento de tópicos da Geometria com uma abordagem relacionada enfaticamente à construção dos conceitos geométricos.

Entretanto as representações das **construções computadorizadas** devem propiciar aos alunos uma constante "experimentação", através da descrição dos procedimentos relativos à representação de seus problemas geométricos, da depuração e por meio da reflexão de suas estratégias, reestruturando várias vezes, se necessário, seus programas. Dessa constante reestruturação de seu programa, obtém-se a reestruturação mental do aluno, constituindo-se desse modo, um degrau importante para o processo da aproximação dedutiva, estabelecendo verdades em Geometria.

Um outro aspecto enfatizado por Clements e Battista (1991) constitui-se na "**Abordagem da Geometria com o sistema Logo**".

Sendo essa abordagem de essencial importância para esta pesquisa, nesse momento, restringem-se as reflexões no sentido de ressaltar a importância da Geometria no ensino informatizado. Assim sendo, aprofundamentos sobre essa abordagem serão postulados no Capítulo 4, desta pesquisa.

---

[4] Schoenfeld (1986) *On having and using geometric knowledge*. In J. Hiebert (Ed.), Conceptual and procedural knowledge: The case of mathematics. (p.225-264). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Os autores acima citados, reportam-se a Piaget e Inhelder (1993), os quais postulam que as representações do espaço pelas crianças começam pela manipulação direta, por ações sucessivas com o mundo físico.

Nesse sentido, como o contexto Logo solicita pensamento geométrico, essa interação se evidencia através do micromundo da tartaruga, com sua geometria intrínseca. A metáfora utilizada por Papert (1985), expressa pelo fato de se "ensinar a tartaruga" a representar figuras geométricas, torna-se significativa no contexto do desenvolvimento de noções geométricas.

Existem algumas evidências de que experiências com Logo influenciam a compreensão sobre medidas, além da medida de rotação. Observações realizadas por Kull[5] (citado por Clements e Battista, 1991) mostram que os estudantes do 1º grau "inventam" suas próprias unidades-padrão de medidas ao fazerem representações no sistema Logo.

Pesquisas de Campbell[6] (citado por Clements e Battista, 1991) constatam que o contexto Logo pode ajudar crianças pequenas a aprenderem a noção de medição e a auxiliar os pesquisadores a saberem mais acerca do que as crianças pequenas conhecem sobre medidas. Nesse sentido, o contexto Logo propicia um ambiente no qual as crianças pequenas utilizam unidades de tamanhos variados, definem e criam suas próprias unidades, e são capazes de manter ou predizer o tamanho de uma unidade e, ainda, de criarem comprimentos anteriores à representação final por meio de comandos numéricos relativos ao deslocamento da tartaruga.

Além disso, convém ressaltar que o micromundo da tartaruga, com sua geometria subjacente, possibilita à criança a manipulação e a exploração das transformações do tamanho da unidade e número de unidades, sem a presença de instrumentos de medida e quantidade física. Explicita-se pelo fato da tartaruga constituir-se em um "**objeto para se pensar sobre**", isto é, o usuário do Logo, ao manipular a tartaruga, através de comandos simples, alterando sua posição e direção, transpõe seus conhecimentos a ela e, muitas vezes, coloca-se no lugar da tartaruga — sintonicidade corporal[7].

Os estudos de Clements e Battista têm mostrado os efeitos mais positivos que envolvem seqüências de atividades através do Logo. Nesse sentido, parece que o potencial do sistema Logo torna-se um recurso poderoso no desenvolvimento de noções geométricas, fato este que encorajaria os estudantes a refletirem e criarem conexões entre o conhecimento para processarem sobre o sistema Logo e o conhecimento conceitual mais tradicional.

Uma outra pesquisa que ilustra a inter-relação da Educação Matemática com as novas tecnologias, consiste no trabalho de Gravina (1996), o qual aborda conceitos de Geometria com os ambientes computacionais *Cabri Gèométre* e *Geoplan*. Analisa as atividades

---

5 Kull (1986) *Learning and Logo.* In P.F. Camphell & G.G. Fein (Eds.) Young children and microcomputers. (p.103-130). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

6 Campbell (1987) *Measuring distance: Children's use of number and unit.* Final report submitted to the National Institute of Mental Health Under the ADAMHA Small Grant Award Program. Grant No. MSMA I R03 MH423435-01. University of Maryland, College Park.

7 Sintonicidade Corporal trata-se de um conceito explorado em Miskulin, 1994. Ressalta-se que tal conceito será abordado, na presente pesquisa, no capítulo relacionado com o Logo Tridimensional.

cognitivas dos estudantes e apresenta uma contribuição para que os ambientes de geometria dinâmica, apoiados em softwares, como *Cabri-Gèométre*[8] e *Geoplan*[9] possam trazer a superação de algumas dificuldades dos estudantes. O presente artigo apresenta ainda sessões de trabalho realizadas com os estudantes nas quais as estratégias apresentadas evidenciam uma nova abordagem no processo ensino/aprendizagem da Geometria. Conjecturas são feitas a partir da experimentação, corrigidas e refinadas a partir do "feedback" oferecido pelo ambiente, até que propriedades estáveis, sob a ação de movimento no desenho, se estabeleçam, surgindo então naturalmente o processo de argumentação e dedução.

Nessa mesma pesquisa, a referida autora, acima citada, enfatiza que

> "… os programas de criação de micro-mundos de Geometria, como o *Cabri* e o *Geoplan*, constituem ferramentas poderosas na superação dos obstáculos inerentes ao aprendizado. Nesses ambientes, conceitos geométricos são construídos com equilíbrio conceitual e figural, a habilidade em perceber representações diferentes de uma mesma configuração se desenvolve, controle sobre configurações geométricas leva à descoberta de propriedades novas e interessantes".

Ainda na referida pesquisa, a autora comenta que em relação a atitudes dos alunos no processo de ensino/aprendizagem, evidencia uma experimentação constante por parte deles, os quais levantam conjecturas, argumentam e deduzem propriedades matemáticas. Dessa forma, a partir da manipulação concreta, passam para a manipulação abstrata atingindo níveis mentais superiores da dedução e rigor, e, assim sendo, compreendem a natureza do raciocínio matemático.

Buscando na literatura pesquisas que abordam a importância da tecnologia no processo ensino/aprendizagem da Matemática, recorre-se a um tema de pesquisa desenvolvido no Epystemology and Learning Group, no MIT Media Laboratory (http://el.www.media.mit.edu/groups/el/), o qual se relaciona com o projeto denominado Escher's World.

Escher's World consiste em um ambiente no qual estudantes criam arte e matemática, ao mesmo tempo, em um cenário de estúdio. Nesse ambiente, quando as crianças utilizam a Matemática, como uma ferramenta de auto-expressão, elas descobrem aspectos visuais intuitivos e abertos do questionamento matemático, que são, freqüentemente, perdidos em uma sala de aula de Matemática tradicional. Dessa forma, Escher's World, explora como os meios tecnológicos rompem as barreiras entre os assuntos tratados nas escolas tradicionais e como essas mudanças forçam o educador a reexaminar a compreensão do raciocínio e da aprendizagem.

3.2) Ambientes Computacionais no Processo Ensino/Aprendizagem da Geometria

Com as perspectivas, anteriormente delineadas, ressaltando a importância de se utilizarem computadores nas aulas de Matemática, com o objetivo de gerar uma possível reflexão, por parte dos educadores, apresentam-se alguns questionamentos:

---

[8] Cabri-Géomètre, versão 1.7 (1991) Software, Laboratoire des Structures Discrètes et de Didactique IMAG, université Joseph Fourier, Grenoble, França.

[9] Geoplan, versão 2.0 (1994) Software, Centre de Recherche et d'Experimentation pour L'Enseignement des Mathématiques, Conservatoire National des Arts et Métiers, Paris.

Como adequar o uso da Tecnologia ao processo ensino/aprendizagem da Matemática, e, mais especificadamente, da Geometria, tomando-se o devido cuidado para que a Tecnologia não seja tratada como "modismo", ou como um novo recurso metodológico que propicie e estimule a aprendizagem de algoritmos e técnicas mecânicas de resolução de problemas, sem significado construtivo para os usuários? E, ainda, como escolher um ambiente computacional que seja adequado às aulas de Matemática? Que critérios deveriam ser levados em conta?

Tentando delinear a reflexão acima proposta, reporta-se a Vitale (1991) que menciona que

> "As mesmas forças políticas, industriais e comerciais que conseguiram impor a presença dos computadores na escola e a introdução da Informática no currículo escolar tentam, cada vez mais, fazer desaparecer o aspecto "programação" para privilegiar o aspecto "utilização" de softwares didáticos, livros eletrônicos, etc... nas aulas." (grifo da pesquisadora).

Fica claro que as "forças políticas" citadas por Vitale não estão preocupadas com o desenvolvimento da criatividade, tampouco do senso crítico do usuário, mas o que prevalece é a instrução de estratégias e algoritmos que apenas o tornam um mero usuário que utiliza esse recurso tecnológico sem com ele interagir, isto é, sem construir conceitos novos.

Inerente a esse fato, existe um enorme mercado potencial, isto é, um grande interesse comercial e profissional com relação ao uso dos computadores nas escolas. Além disso, um outro aspecto a ser observado seria a possibilidade de se limitar uma área específica do conhecimento a "especialistas" (os únicos capazes de comandar a passagem da formulação de um problema à sua solução informatizada). E, em uma análise mais técnica e radical, de acordo com o autor acima citado, há a possibilidade de uma hierarquização de "métodos" que serão considerados "os ótimos", "os únicos" capazes de transformar a descrição verbal de um problema em uma representação algorítmica perfeita, o que será, sem dúvida nenhuma, obra de "especialistas".

Portanto, não se poderia deixar de alertar e inferir que, aceitando essa "divisão de trabalho" no contexto educacional, a escola estaria acrescentando um "gadget"[10] a mais em seu arsenal de jogos didáticos e não estaria enriquecendo e mesmo promovendo o desenvolvimento de seu ambiente cognitivo ou ambiente de aprendizagem.

Essas concepções podem ser reforçadas, por depoimentos e reflexões de alguns professores entrevistados, no Capítulo 2, desta pesquisa, os quais abordam aspectos importantes sobre os elementos que interferem na escolha de um ambiente computacional para ser utilizado no desenvolvimento de temas relacionados a diferentes áreas do conhecimento.

Nesse sentido, com o objetivo de fornecer aos professores de Matemática, a possibilidade da utilização de alguns ambientes computacionais em suas aulas, apresenta-se uma descrição de alguns ambientes computacionais que podem ser utilizados no processo ensino/aprendizagem da Matemática, mais especificamente, da Geometria. O objetivo de elucidar esses ambientes consiste em possibilitar aos professores-educadores da área uma

[10] O Termo "gadget" não será traduzido por não se encontrar nenhum termo na Língua Portuguesa que retrate com precisão seu significado, no sentido em que é referido, nesta pesquisa.

reflexão sobre como a Tecnologia pode ser utilizada no desenvolvimento de conceitos matemáticos e geométricos e, além disso, contextualizar o Logo Bidimensional e Tridimensional[11], nesse cenário.

Além disso, essas concepções e idéias podem possibilitar uma reflexão sobre um possível paralelo entre o sistema computacional Logo (bidimensional e tridimensional) e alguns outros softwares que abordam o ensino da Geometria**,** mostrando os elementos convergentes e divergentes, tanto no aspecto computacional como no aspecto pedagógico dos raciocínios inerentes às construções das noções geométricas nos dois contextos.

Na concepção da pesquisadora, esses ambientes computacionais são extremamente úteis e importantes para a exploração e construção de conceitos geométricos, porém ressalta-se que os resultados obtidos, dependem muito da intervenção do professor, de como este intervém no processo ensino/aprendizagem. Assim sendo, apresentam-se abaixo, alguns desses ambientes computacionais.

3.2.1) Tegram

Tegram consiste em um excelente tutorial. Trata-se de um programa desenvolvido pela Universidade de São Paulo em São Carlos, Brasil.

O sistema computacional Tegram[12] é um sistema tutor criado por Turine (1994) com o objetivo de auxiliar o processo de ensino-aprendizagem de conceitos relacionados à Geometria plana. As atividades exploradas pelo sistema baseiam-se nas peças do Tangram (triângulos, quadrado e paralelogramo) com o intuito de estimular o interesse do aluno em resolvê-las, pois sabe-se que o Tangram envolve os estudantes em um processo dinâmico de resolução de problemas.

Turine (1994) enfatiza a valorização do raciocínio utilizado pelo sujeito, quando este resolve desafios e problemas com o Tangram e, além disso, valoriza a análise do processo de pensamento, a seqüência de ações do sujeito, quando inserido em situações práticas de resolução de problemas. Nesse contexto, conforme suas próprias palavras, "… nessas atividades o processo para se chegar a um determinado resultado é muito mais importante que o próprio resultado" (Turine, 1994).

Diante dessa perspectiva, faz-se necessário salientar a relevância do sistema Tegram em permitir ao aluno "buscar" suas ações através dos "buttons" e "ícones" existentes no sistema. Além disso, permite também ao professor analisar a seqüência dessas ações, nas atividades propostas pelo sistema.

O sistema é arquitetado em uma base modular que se divide em quatro componentes:

---

[11] Ressalta-se que, no Estudo de Caso, que será realizado nesta pesquisa no Capítulo 8, será utilizada a Linguagem Computacional Logo (Bidimensional e Tridimensional).

[12] Ressalta-se que o sistema computacional Tegram é um protótipo e o ambiente de desenvolvimento para implementá-lo é o "Borland C^{++} para Windows".

- Módulo do domínio: composto pelas redes de conceitos, atividades e definições sobre o conhecimento a ser ensinado;

- Modelo do estudante: contém informações sobre o estudante que utilizou ou está utilizando o sistema, e o caminho que este percorreu;

- Módulo tutorial: contém as estratégias e as técnicas de ensino que são selecionadas e combinadas dinamicamente em relação às ações dos estudantes;

- Módulo de comunicação e atividades: é o componente responsável pelo gerenciador dos conceitos e atividades que serão propostas pelo sistema, ou seja, esse módulo administra a interação do sistema com o usuário.

O Tegram é composto por diversas atividades:

- Reconhecimento das figuras geométricas referentes às peças do Tangram;

- Composição das peças do Tangram para formar figuras geométricas;

- Polígonos;

- Área de figuras geométricas;

- Animação.

Enfatiza-se que, nesse sistema, o aluno escolhe as atividades que gostaria de realizar, por meio da tela de apresentação dos tópicos existentes das atividades, porém, o sistema possui um controle misto de iniciativa, isto é, o sistema não restringe o estudante a uma seqüência fixa, nem o deixa tão livre para escolher um plano de seqüência razoável, necessário para o desenvolvimento das atividades (Turine, 1994).

Sobre o Sistema Computacional Tegram, uma outra abordagem prática relaciona-se a um trabalho de pesquisa realizado na Faculdade de Educação da UNICAMP. Trata-se de uma dissertação de Mestrado de Oliveira (1998), que enfatiza as habilidades espaciais subjacentes às atividades de discriminação e composição de figuras planas utilizando o Tangram e o Tegram. Esse estudo desenvolveu-se com nove sujeitos de uma classe, pertencente a uma escola particular de Campinas. Vários conceitos matemáticos foram explorados nessa interação, como área, perímetro e outros.

3.2.2) Geometric Supposer

Geometric Supposer trata-se de um ambiente computacional projetado para ser utilizado como um recurso didático no processo de resolução de problemas, da mesma forma que uma calculadora é um instrumento para resolver problemas de Cálculo. Esse tipo de software é projetado para desenvolver, no usuário, habilidades ou conceitos específicos necessários para resolver problemas em um domínio particular. *Geometric Supposer* foi desenvolvido por Judah Schwartz e Michael Yeruhalmy. Esse software trabalha com funções matemáticas e fornece elementos aos usuários para representar essas funções como uma

expressão, um gráfico, ou uma tabela de valores. Esse ambiente permite também adicionar, subtrair, multiplicar e dividir funções. O objetivo dessa ferramenta computacional consiste em encorajar os estudantes a descobrir generalizações sobre funções.

Maddux et al. (1996) classificam *Geometric Supposer* como um software que propicia aos professores a possibilidade de ensinar funções de uma maneira que não seria possível sem o uso do computador. Além disso, esse ambiente fornece ao usuário o controle da interação entre ele e a máquina, o usuário decide quais das seqüências de ações seriam necessárias para plotar a sua função e representá-la no gráfico.

Schoenfeld, ao comentar sobre o software computacional *Geometric Supposer*, busca saber se as habilidades inerentes ao programa em repetir automaticamente as construções geométricas conduziriam os estudantes a não testarem intuitivamente seus métodos e estratégias ao resolverem problemas, restringindo dessa maneira as possíveis deduções lógicas. Em resposta a essa consideração, Judah Schwartz, autor do software citado, refutou tais considerações, afirmando que pesquisas evidenciam que o *Geometric Supposer* não interfere negativamente no desenvolvimento das habilidades dos estudantes em desenvolver demonstrações lógicas.

Sobre esse ambiente computacional, *Geometric Supposer*, Valente (1993), ao expor sobre "Os Diferentes Usos do Computador na Escola", aborda a Resolução de Problemas com o computador e postula que a representação da solução de um problema não precisa ser, necessariamente, realizada por uma linguagem computacional. Existem programas atualmente nos quais a linguagem para representação de solução é bastante específica e voltada para o tipo de problemas que está sendo abordado. E nesse contexto, cita o software *Geometric Supposer*, explicitando que

> "... Através desse software, o usuário pode construir e medir figuras geométricas usando para isso termos como "unir os pontos" de uma figura, "calcular" o ângulo entre duas semi-retas previamente definidas, etc.. O resultado é bastante semelhante ao que o aluno faz com o Logo gráfico, porém, no caso do "*Supposer"* o domínio e a linguagem de comunicação com o programa são mais específicos." (p.12).

3.2.3) Geometer's Sketchpad

Um outro software utilizado para o ensino de Geometria é o *Geometer's Sketchpad*. Consiste em um ambiente computacional que explora triângulos, quadriláteros, círculo, entre outras figuras geométricas e suas características. O estudante, utilizando esse programa, pode explorar Geometria Analítica da mesma maneira dinâmica que explora outras abordagens da Geometria. Pode ainda realizar cálculos baseados nos parâmetros de equações e colocar qualquer cálculo ou equação em um sistema de coordenadas.

Geometer's Sketchpad foi desenvolvido sob a direção do Dr. Eugene Klotz, no Swarthmore College e Dr. Doris Schattschneider, no Moravian College, na Pensilvânia, como parte do projeto *Visual Geometry*, financiado pela National Science Foundation (NSF). Em adição à produção desse software, o *Visual Geometry Project* também produziu o *Stella Octangula* e o *Platonic Solids* (materiais manipulativos). Esse software foi lançado no primeiro semestre de 1991.

Buscando, na literatura, referências sobre esse ambiente computacional, encontrou-se na obra de Bennett (1999) meios e caminhos de se utilizar o *Geometer's Sketchpad*, na sala de aula. Dessa forma, o referido autor elucida maneiras de explorar ângulos, transformações geométricas, simetria, tecelagem, polígonos, círculos, similaridades (retângulo áureo), trigonometria e fractais, entre outros.

Os autor do livro citado acima enfatiza que a forma com que se ensina Matemática, particularmente, Geometria, mudou devido a alguns desenvolvimentos importantes. A abordagem dedutiva para se ensinar Matemática foi, finalmente, desafiada de forma séria, e alternativas estão disponíveis após mais de um século de fracasso do ensino da Matemática. Em um levantamento realizado em 1982, pelo National Assessment of Educacional Progress, constatou que provas de teoremas era o tópico mais detestado pelos alunos, em Matemática, e menos de cinqüenta por cento, qualificaram provas de teoremas, como um tópico importante.

Nessa mesma abordagem, o citado autor, refere-se também ao software *Geometer Supposer*, disponibilizado em 1985, como já citado anteriormente. Esse software permitiu a professores e alunos a utilização de computadores como uma real ferramenta para o ensino e aprendizagem da Matemática, mais do que um simples software de repetição e prática ("drill and practice"). O *Geometer Supposer* encorajou os alunos a inventarem sua própria matemática, tornando fácil a criação de figuras geométricas simples e elaboração de conjecturas acerca de suas propriedades. A aprendizagem de Geometria se transformou para os alunos em uma série de explorações sobre as relações de figuras geométricas, ao invés de "tediosas" tarefas envolvendo provas de teoremas.

Enfatiza ainda que o *Geometer's Sketchpad* está entre os primeiros em uma geração de softwares educacionais, o qual acrescentou novas abordagens às mudanças impostas pelo Geometer Supposer, no ensino da Geometria. Essas abordagens foram muitas vezes referidas em publicações e pelo NCTM Standards[13].

Com o objetivo de ressaltar as potencialidades desse ambiente computacional para o ensino da Geometria, o autor citado, menciona que a abordagem do *Geometer's Sketchpad* é consistente com a pesquisa realizada pelo educador matemático holandês Pierre van Hiele e Dina van Hiele-Geldof. Estes pesquisadores ressaltam que os estudantes passam por uma série de níveis de pensamento geométrico: visualização, análise, dedução informal, dedução formal e rigor. Textos de Geometria consideram que os estudantes usam deduções formais, desde o início de suas explorações em Geometria. Nesses textos não se encontram problemas que possibilitam aos alunos a exploração da visualização geométrica, e não os encorajam no levantamento de conjecturas. O principal objetivo do *Geometer's Skatchpad* consiste em possibilitar aos estudantes a passagem pelos três primeiros níveis, encorajando o processo de descobertas que reflete, mais de perto, a forma como a Matemática é inventada: um matemático, inicialmente, visualiza e analisa um problema, fazendo conjecturas antes de realizar provas e demonstrações. (Bennett, 1999, p.7-8).

3.2.4) Cabri Géomètre

Ainda para o ensino de Geometria, um outro software, muito utilizado nos Estados Unidos, na França e, recentemente, no Brasil, consiste no *Cabri Géomètre*.

---

[13] NCTM Standards – Norma do National Council of Teachers of Mathematics (1994).

Cabri Géomètre foi desenvolvido por Ives Baulac, Jean-Marie Laborde e Franck Bellemain, no Institut d'Informatique et Mathématiques Appliquées de Grenoble (IMAG), um Laboratório de pesquisa da Université Joseph Fourier, em Grenoble, França. Ressalta-se que, em 1988, este ambiente computacional recebeu o troféu Apple como o melhor software para o ensino da Geometria.

O nome Cabri foi inspirado nas palavras da língua francesa "cahier de brouillon interactif", que significa "caderno de rascunho interativo". Como o próprio nome sugere, o usuário pode utilizá-lo como uma folha de caderno de desenho com o objetivo de realizar construções geométricas, sendo possível investigar e explorar, de forma dinâmica, as diversas propriedades intrínsecas à construção de figuras geométricas.

Segundo Paiva et al. (1996), muitas das construções geométricas propostas, nesse ambiente computacional, já foram abordadas pelos gregos na antigüidade clássica. Na geometria grega as três construções possíveis eram: o prolongamento de uma reta de um ponto a outro ponto qualquer, o traçado de um círculo com um centro qualquer e um raio qualquer, e ainda o prolongamento de uma reta limitada. Ressalta-se que estas três construções estão presentes no *Cabri Géomètre*, pois, como mencionado anteriormente, este ambiente contempla as construções da geometria euclidiana.

Convém lembrar que *Cabri Géomètre II* baseia-se no *Cabri Géomètre I*, que foi desenvolvido pelos mesmos autores, no período de 1981 a 1986.

Na Internet, podem ser encontradas referências sobre o ambiente computacional *Cabri Géomètre*. Por exemplo, em http://www-cabri.image.fr/a-propos/exemples-e.htm, podem ser encontrados alguns tutoriais animados relacionados com algumas construções geométricas no *Cabri II*.

O usuário, através da Internet, pode obter uma cópia limitada do programa *Cabri II* (MS-DOS ou Windows), na versão demo (demonstrativo). Para tal, consultar os seguintes "sites":

http://www-cabri.imag.fr/produits/cabripc-e.htm

http://www.ti.com/calc/docs/cabri.htm

Versões comerciais desse software estão disponíveis em Inglês, Francês, Alemão, Espanhol e Italiano.

3.2.4.1) Características do Cabri Géomètre

Cabri Géomètre é um ambiente computacional interativo que permite a construção e a exploração de objetos geométricos, de forma intuitiva, tais como: pontos, linhas, segmentos, triângulos, polígonos e círculos. Além disso, possibilita, ao usuário, medir ângulos, segmentos, áreas de figuras, entre outros. Fornece também equações de objetos geométricos, incluindo linhas, círculos, elipses e coordenadas de pontos.

É importante observar que o *Cabri Géomètre II* possui uma barra de ferramenta onde cada botão ativa um menu no qual o usuário pode escolher a ferramenta desejada. Uma barra

de atributos permite modificar as características dos objetos geométricos construídos (cor, espessura de linhas, pontos, entre outros). Novos objetos estão disponíveis nesse ambiente, tais como: arcos de círculos, vetores, polígonos ordinários e regulares e cônicas. Na Versão II, a manipulação e a construção de objetos complexos encontram-se simplificadas.

Na Figura 3. 3 a seguir, apresenta-se a tela do *Cabri Geometry II*, traduzida para o Português pela pesquisadora desta pesquisa.

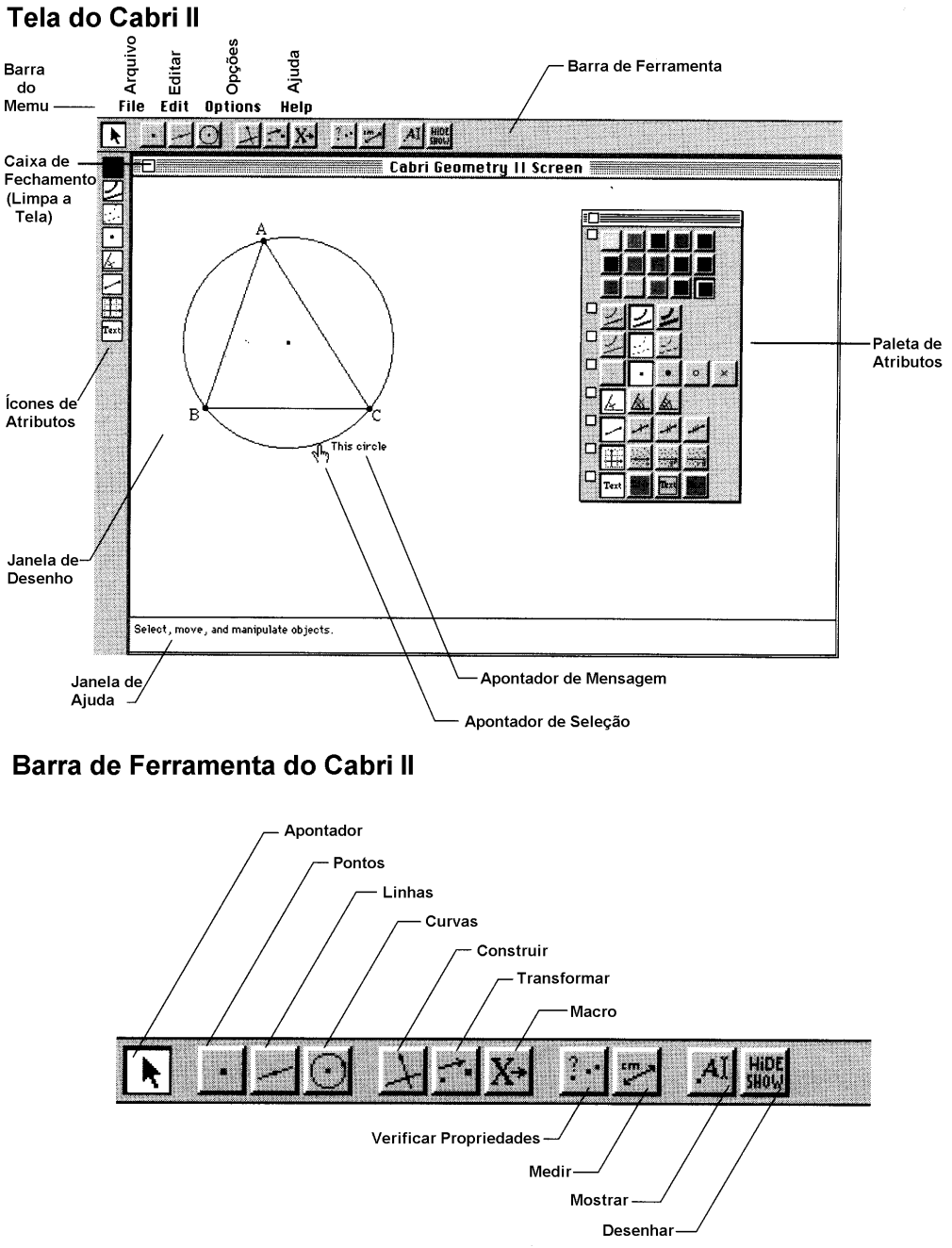


Figura 3.2 – Tela do *Cabri Geometry II*

Nesse ambiente, o usuário pode explorar e desenvolver noções e conceitos de Geometria Analítica, Geometria Projetiva, Geometria das Transformações (Rotação, Reflexão e Translação no plano) e Geometria Euclidiana.

Ressalta-se que o objetivo de apresentar essas concepções e idéias é traçar um possível paralelo entre o sistema computacional Logo (bidimensional e tridimensional) e alguns outros softwares que abordam o ensino da Geometria**,** mostrando os elementos convergentes e divergentes, tanto no aspecto computacional como no aspecto pedagógico dos raciocínios inerentes às construções das noções geométricas nos dois contextos.

Na concepção da pesquisadora desta pesquisa, esses ambientes computacionais são extremamente úteis e importantes para a exploração e construção de conceitos geométricos, porém, convém ressaltar que os resultados obtidos, dependem muito da intervenção do professor, de como este intervém no processo ensino/aprendizagem. Quanto ao aspecto programação, esses ambientes computacionais são classificados por Simonson et al. (1997) como ambientes de resolução de problemas, em outras palavras, não são ambientes de programação, pois, o usuário não programa o desenrolar de suas ações, como no ambiente Logo, mas manipula as ferramentas, combinando-as para obter os resultados desejados.

3.2.5) TesselMania

Um outro software que pode ser caracterizado como software de Resolução de Problemas, trata-se do *TesselMania* que possibilita ao usuário a criação de tecelagens, explorando conceitos da Geometria das transformações no plano, rotação, reflexão e translação. O usuário pode escolher um dos vários padrões existentes nesse ambiente e compô-los de várias formas diferentes, criando seus próprios desenhos. A nova versão em CD-ROM combina divertimento e arte com o mundo fascinante da Geometria das transformações, propiciando ao usuário um ambiente de exploração de conceitos geométricos abstratos, de uma maneira divertida e prazerosa.

Apresenta-se abaixo, uma das telas do *TesselMania*.

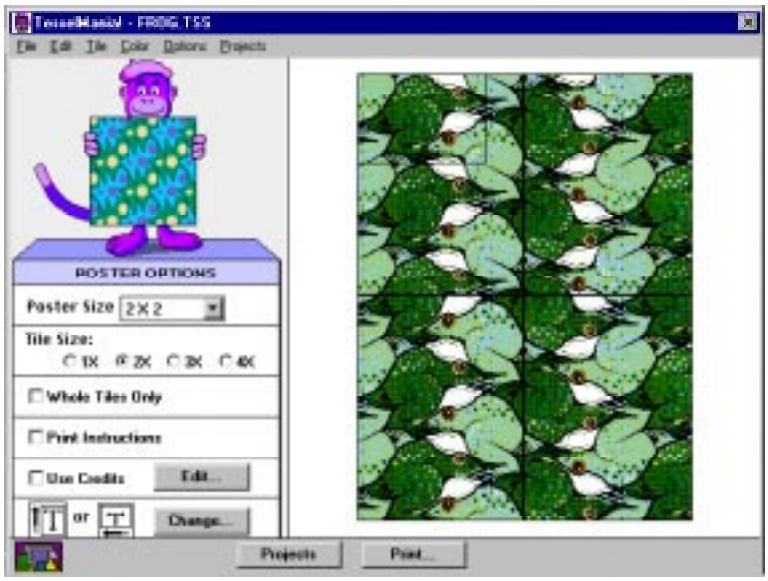


Figura 3.2 – *TesselMania*

3.2.6) Spreadsheet

Um outra maneira de se utilizarem ambientes computacionais nas aulas de matemática, consiste na aplicabilidade das Planilhas Eletrônicas (*Spreadsheet*).

Como já mencionado no capítulo anterior desta pesquisa, *Spreadsheets*[14] são sistemas computadorizados que arquivam ou guardam números. Eles foram originalmente projetados para substituir sistemas de contabilidade manual (paper based accounting). Essencialmente, um *Spreadsheet* é uma grade (ou tabela ou matriz) de células vazias, com colunas identificadas por letras e linhas identificadas por números. Cada célula pode conter valores, fórmulas ou funções, e os valores devem ser numéricos (números) ou textuais (palavras). O usuário move o cursor em torno da matriz, identificando o número da célula que deseja ir, ou buscando a célula que contém uma espécie particular de informação. Uma palavra, um valor numérico, uma fórmula, ou uma função podem ser inseridos em cada célula.

Nesse sentido, recorre-se a Maddux et al. (1997), quando citam uma maneira de se utilizar *Spreadsheet* como ferramenta educacional. Essa autor explicita a situação mostrada por Joan Tuner (1988), um professor da Academia Naval americana, que concebe o *Spreadsheet* como uma ferramenta valiosa no ensino de estudantes de graduação em Matemática. Esse professor, encoraja seus alunos a testarem fórmulas novas e, assim sendo, eles resolvem esse problema, colocando as fórmulas em um *Spreadsheet*, entrando com diversos números. Nesse processo eles percebem como diferentes variáveis nas fórmulas afetam o resultado final.

Esses mesmos autores, explicitam ainda, que *Spreadsheets* são utilizados, de uma maneira rotineira em salas de aula de Matemática. Descrevem a experiência de Arad (1986-87), em que esse professor, descreve como os estudantes usaram *Spreadsheet* para solucionar diversos tipos de problemas contextuais de Matemática (word-problems). Referem-se também a Dubitsky (1988), que ensinou para estudantes de sétima série, divisão longa e conceitos de decimal, usando *Spreadsheet*.

Um outro aspecto de *Spreadsheet* que tem sido muito utilizado em Matemática, consiste na habilidade de representar graficamente relações e dados. (Bridges, 1991, citado por Maddux et al., 1997, p.291). Bridges utilizou *Microsoft Excel*. Muitos *Spreadsheets*, atualmente, possuem ferramentas de gráficos.

Enfatizando a importância de se utilizar *Spreadsheet* como uma ferramenta didática que desenvolve habilidades quantitativas nos estudantes, Simonson et al. (1997) explicitam com afirmações de Papert, que, com o avanço da tecnologia na sociedade, tem existido uma preocupação crescente com o ensino e aprendizagem de habilidades quantitativas sofisticadas nas escolas. Abordagens quantitativas e análises estão se tornando mais comuns em muitos campos. Habilidades em estimativa matemática, modelagem matemática e resolução de problemas em matemática nos dias atuais, tornam-se cada vez mais necessárias para o educando se integrar na sociedade informatizada.

Simonson et al. (1997) chamam a atenção para o fato de que muitos têm sugerido que abordagens tradicionais de ensino nas escolas não estão dando aos estudantes experiências

[14] A definição acima está baseada em Jonassen (1996).

sobre habilidades de resolução de problemas quantitativos que eles necessitam para viverem na idade da Informática.

Nesse sentido, referem-se a Papert (1980), quando este expressa que ensinar habilidades quantitativas, em um ambiente significativo, tem sido tradicionalmente uma problemática tradicional na Educação. Papert enfatiza que

> "… Como resultado, nossas crianças são forçadas a seguir um dos piores modelos para aprender Matemática: é o modo da "decoreba", em que o material é tratado como sem sentido; é um modelo dissociado. Algumas de nossas dificuldades em ensinar Matemática de uma maneira culturalmente integrada devem-se a um problema objetivo: Antes dos computadores havia pouquíssimos bons pontos de contato entre o que é mais fundamental e envolvente na Matemática e qualquer coisa existente na vida cotidiana. Mas o computador – um ser com linguagem Matemática fazendo parte do dia-a-dia da escola, dos lares e do ambiente de trabalho – é capaz de fornecer esses elos de ligação. O desafio à educação é descobrir meios de explorá-lo." (Papert[15], citado por Simonson, 1997, p.202) (tradução da pesquisadora).

Na citação acima, Papert está se referindo ao ensino com Logo, entretanto, Simonson et al. explicitam que programas de S*preadsheet* fornecem uma outra possibilidade para o ensino significativo de "matemática culturalmente integrada." (Simonson et al., 1997, p.202).

Ainda nessa perspectiva diz que S*preadsheet* fornece para o professor em sala de aula o poder de criar ambientes nos quais o estudante é um participante ativo em situações de resolução de problemas numéricos. Com um programa de S*preadsheet*, o professor pode criar ambientes quantitativos, possibilitando aos alunos modelarem a Matemática da vida real dos negócios, da indústria e de casa. Esse mesmo autor, ao discorrer sobre as possibilidades educacionais do *Spreadsheet* afirma que esse ambiente computacional propicia aos estudantes oportunidades para testarem hipóteses de informações numéricas. O pensamento "what if", inerente ao *Spreadsheet*, envolve testar diferentes situações hipotéticas, e tal pensamento está inerente no processo de resolução de problemas quando se utiliza S*preadsheet*.

Convém ressaltar que essas diversas referências e citações têm como objetivo ilustrarem as potencialidades de se utilizar *Spreadsheet* como um recurso didático poderoso nas aulas de Matemática, lembrando, também, que existem vários outros aplicativos computacionais que podem e devem ser utilizados pelos professores como ferramentas educacionais importantes no processo ensino-aprendizagem de Matemática.

3.2.7) Carmen Sandiego Math

Um outro ambiente computacional muito utilizado nas escolas americanas, no processo ensino/aprendizagem da Matemática, trata-se do ambiente de simulação: *Carmen Sandiego Math* (4ª, 5ª e 6ª série do ensino fundamental). O usuário, interagindo com esse ambiente, envolve-se em aventuras com estratégias, com o objetivo de resolver centenas de problemas e equações, desenvolvendo atividades mentais, relacionadas a habilidades de resolução de problemas.

---

[15] Papert, 1980, Mindstorms: Children, Computers and Powerful Ideas. New York: Basic Books.

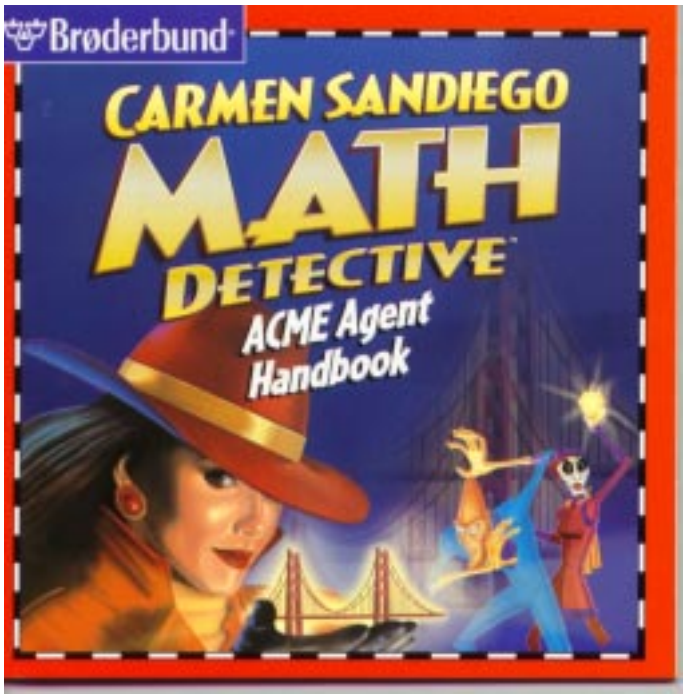


Figura 3.3 – *Carmen Sandiego Math*

É importante lembrar que existem muitos ambientes computacionais que podem ser utilizados na Educação. No capítulo anterior desta pesquisa, foram abordados alguns outros ambientes que podem ser utilizados na sala de aula. Porém, como foi comentado, a escolha de um ambiente computacional para ser utilizado no processo ensino/aprendizagem da Matemática, relaciona-se com diversos aspectos tanto teóricos, quanto metodológicos, entretanto, um dos aspectos fundamentais consiste na mediação do professor. O ambiente, por mais rico e construtivo que seja, por si só, não é suficiente para promover contextos propícios para a construção do conhecimento. Nesse sentido, a mediação do professor desempenha um papel determinante, à medida que o professor cria situações desafiantes, recorta-as em vários problemas intermediários que possibilitam aos alunos deslocarem-se muitas vezes do problema principal, olhando-o e percebendo-o, sob uma outra perspectiva, possibilitando-lhes a busca de novos caminhos, a reavaliação constante de suas estratégias e objetivos, enfim, envolvendo-se, cada vez mais, no processo de construção do conhecimento.

Sabe-se que a Tecnologia consiste em um valioso veículo, através do qual os alunos podem acessar informações e trabalhá-las de várias formas. Por sua vez, os ambientes computacionais, propiciam interações, muitas vezes, prazerosas e divertidas aos alunos. Convém ressaltar que um aspecto extremamente importante, nesse contexto, que deve ser levado em conta, na escolha e determinação de um ambiente computacional a ser utilizado na sala de aula, relaciona-se ao processo educacional, esse sim é que deve criar oportunidades de aprendizagem que, realmente, possam propiciar às crianças e jovens contextos em que eles possam dar sentido às informações e interações; encontrarem conexões com outros conhecimentos; responderem às suas questões e, ainda, construírem conhecimentos.

Nessa perspectiva, constata-se que muitos ambientes computacionais foram e ou vêm sendo utilizados nas escolas brasileiras, e também a nível internacional, sem uma proposta pedagógica que embase a sua utilização. Tal enfoque, em nada modifica o sistema atual de ensino, seria como se as páginas dos livros, passassem para a tela do computador, isto é, o

envolvimento do aluno com a Matemática seria um envolvimento passivo, como no ensino tradicional no qual o aluno decora fórmulas e desenvolve o raciocínio mecânico, em detrimento do raciocínio lógico-espacial. É exatamente essa situação que se deve evitar, isto é, deve-se escolher ambientes computacionais, no ensino da Matemática, que possam fornecer contextos nos quais os sujeitos se inserem em ambientes de resolução de problema, criando e reformulando, constantemente, as suas estratégias; reavaliando os seus objetivos; criando heurísticas no processo de solução dos problemas.

Na concepção da pesquisadora desta pesquisa, um dos ambientes que traduz essas características consiste no ambiente Logo, pois nesse ambiente, no micromundo da tartaruga, o sujeito insere-se em um processo de resolução de problemas, reavaliando suas estratégias; relacionando-as com seus objetivos; reformulando seus procedimentos computacionais; criando heurísticas e depurando constantemente, seus programas, com vistas a encontrar soluções para os seus problemas. Convém lembrar que aspectos teórico-metodológicos, sobre esse ambiente, serão apresentados no Capítulo 4 desta pesquisa.

CAPÍTULO 4

PRESSUPOSTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS DA LINGUAGEM COMPUTACIONAL LOGO — GEOMETRIA DA TARTARUGA

> *"Existe a crença de que só se pode programar o que se compreende perfeitamente. Essa crença ignora a evidência de que a programação, como qualquer outra forma de escrita, é um processo experimental. Programamos como redigimos, não porque compreendemos, mas para chegar a compreender." (Weizenbaum, 1981).*

Logo é uma linguagem computacional que foi desenvolvida a partir dos anos 60 por um grupo de pesquisadores do Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), sob a direção de Seymour Papert. Domínios de conhecimentos diferentes influenciaram no desenvolvimento do Sistema Logo, tais como: o Campo da Inteligência Artificial, a Linguagem Computacional Lisp e a Teoria de Jean Piaget (Miskulin, 1994a).

4.1) O que é Logo?

Encontram-se na literatura diferentes formas de respostas, com distintas abordagens, a respeito da questão acima delineada. Com o objetivo de contextualizar nossas concepções através da literatura sobre Logo, apresentam-se abaixo algumas das diversas visões de Logo.

Pesquisas na Internet, mostram que Fred Martin et al. dizem que

> "Logo é uma linguagem de programação de computador criada para iniciantes, incluindo crianças. Uma das idéias diretrizes de sua criação foi o princípio: "low floor, high ceiling". Isso significa que a linguagem deve ser fácil para os programadores novatos começarem com ela ("low floor")[1] escrevendo programas e obtendo resultados satisfatórios, mas que a linguagem deveria ser poderosa e extensiva em uma espécie de "o céu é o limite" ("high ceiling")[2]." (Martin et al. 1997) (tradução da pesquisadora).

Nessa mesma perspectiva, uma análise na literatura sobre o assunto evidencia que, para Allison Druin e Cynthia Salomon,

> "Logo tornou-se o nome de uma linguagem de programação, um ambiente, e uma cultura – uma forma de pensamento sobre computadores e aprendizagem, colocando os dois juntos. A cultura é feita de idéias, coisas, e pessoas. As coisas incluem não somente o computador e a linguagem, mas também dispositivos controlados por computador, como tartarugas, motores Lego e luzes, bem como

[1] "Low floor" – é tomado no sentido da linguagem ser fácil para o novato iniciar em programação.

[2] "High ceiling" – é tomado no sentido da linguagem de programação ser bem concreta, isto é, com pouco conhecimento de programação, o novato consegue escrever programas interessantes.

facilidades integradas para expressarem-se em palavras, sons, figuras e animação." (Druin et al., 1996, p.11) (tradução da pesquisadora).

De acordo com Michael Simonson e Ann Thompson,

"Logo é uma linguagem de programação de computador bem como uma filosofia de Educação. Logo é uma linguagem de programação baseada na linguagem de inteligência artificial LISP. É uma linguagem construída para iniciantes. (…) Logo é uma linguagem de programação que apresenta fáceis pontos de entrada para os iniciantes. Com cinco minutos de instrução, mesmo crianças iniciantes nas escolas se envolvem em interessantes explorações e atividades de resolução de problemas com a linguagem. Devido a isso, algumas pessoas têm a idéia de que Logo é uma linguagem para crianças ou uma linguagem de aprendizagem trivial que pode ser considerada como passo inicial para uma posterior aprendizagem de uma linguagem mais sofisticada. Isso não é verdade. Embora ela tenha fáceis pontos de entrada, é uma linguagem altamente sofisticada que deve interessar também a programadores experientes. A linguagem Logo é extensível e pode expandir-se com as necessidades do usuário. Logo, como a linguagem artificial LISP, está baseada na idéia de composição de funções. Devido a isso, usuários podem definir seus próprios procedimentos e então construir toda a complexidade de que necessitam na linguagem. Logo tem sido usada com sucesso em aulas de classes do ensino fundamental e em disciplinas introdutórias de programação, no nível universitário. A combinação de simplicidade e complexidade é uma das características próprias da linguagem Logo." (Simonson et al., 1997, p.276) (tradução da pesquisadora).

Jim Muller, ao discorrer sobre Logo, postula que

"Logo é uma grande aventura para todos desde dois até cento e dois anos de idade. A parte realmente divertida dela é que VOCÊ está no comando. VOCÊ controla a ação. VOCÊ toma todas as decisões. E, ainda, VOCÊ comete todos os erros. Mas quem se importa? Isto também é parte do divertimento. (…) Logo é melhor descrita como uma filosofia educacional expressa através de uma envolvente série de linguagens computacionais. Logo é uma linguagem interativa para aprendizes de todas as idades." (Muller, 1995, p.ix-x) (tradução da pesquisadora).

Quanto à simplicidade e ao poder da linguagem, o pesquisador, Brian Harvey diz que

"Logo tem sido a vítima de seu próprio sucesso nas escolas de 1ª a 5ª série (Elementary Schools). Ela tem adquirido uma reputação de linguagem trivial para crianças. A verdade é que Logo é uma das mais poderosas linguagens de programação para computadores pessoais. Ela é um dialeto de Lisp, a linguagem utilizada nos mais avançados projetos de pesquisa em ciência da computação, e especialmente em inteligência artificial. Até recentemente, todos os livros sobre Logo têm sido bastante triviais, e eles tendem a ressaltar esse fato espalhando atraentes figuras da tartaruga por toda parte. Mas as figuras atraentes não consistem em tudo que o Logo faz. (…) Não significa que você pode escrever programas em uma particular linguagem que faça coisas que você não pode fazer em outra linguagem. Em vez disso, o poder de uma linguagem é uma forma de medir o quanto uma linguagem o ajuda a se concentrar no problema atual que você deseja resolver, ao invés de se preocupar sobre as restrições da linguagem." (Harvey, 1997, p.xv) (tradução da pesquisadora).

O autor acima citado, referindo-se ao aspecto educacional, menciona que Logo é mais poderosa que Pascal ou C^{++} (p.xvi), em outras palavras, Logo propicia um ambiente de aprendizagem baseado em resolução de problemas, e o aluno trabalhando nesse ambiente envolve-se em um processo de busca e investigação, cria hipóteses, "monta estratégias" e avalia-as constantemente de acordo com os seus objetivos, com vistas a solucionar seus desafios e problemas.

Ainda com respeito às potencialidades do Logo, em Logo Foundation (1997), encontra-se a citação seguinte:

> "Para muitos, aprender Logo não é um fim em si próprio, e programação é sempre sobre alguma coisa. Atividades de programação em Logo são em matemática, línguas, música, robótica, telecomunicações e ciências. Ele é usado para desenvolver simulações, e para criar apresentações em multimídia. Logo está projetado para ter uma baixa barreira de obstáculos e sem limites superiores. Ele é acessível para novatos, incluindo crianças jovens, mas também suporta explorações complexas e projetos sofisticados por parte de usuários experientes." (tradução da pesquisadora).

Para Celia Hoyles,

> "Logo é uma linguagem de programação desenvolvida por Wallace Feurzeig e Seymour Papert no Instituto Tecnológico de Massachusetts no final dos anos 60, cuja mais noticiada característica é a tartaruga – um robô programável que responde a instruções simples tais como **parafrente** e **paradireita**. Ao mesmo tempo, Logo ganhou reputação como uma filosofia de educação. Através da exploração em um micromundo cuidadosamente projetado, crianças podem construir e depurar suas intuições matemáticas e expandirem seus horizontes matemáticos – veja Papert (1980) para uma visão geral dessas idéias. Harvey (1985) oferece uma introdução compreensiva do funcionamento da linguagem; o trabalho produtivo de Abelson e diSessa (1980) ilustra amplamente que Logo não é somente uma linguagem para criança." (Hoyles, 1993, p.89) (tradução da pesquisadora).

Com relação a sua utilização em sala de aula na atualidade, em Terrapin Software (1997), encontra-se que

> "Depois de mais de uma década de utilização de Logo nas escolas, uma pesquisa ocorrida em 1990, com professores que já o utilizaram, e com professores que estão utilizando Logo, mostrou, de forma interessante, que 98% acreditavam que Logo ainda era apropriado para ser utilizado em sala de aula."

4.2) O que é a tartaruga?

Na base da Linguagem Logo está a tartaruga, que desempenha o papel de um "suporte de pensamento". Nesse sentido, a tartaruga inerente ao sistema Logo desempenha um papel de extrema importância, pois, apresenta-se frente a frente com o aluno, na tela do computador, e é através de comandos simples de posição e direção, usando as primitivas ou os comandos básicos da Linguagem Computacional Logo, que o aluno "comandará" a tartaruga para tentar resolver os seus problemas ("object to think with") (Papert, 1985).

A tradição no uso da tartaruga associada ao contexto de Logo começou com o neurofisiologista britânico Grey Walter que, na década de 60, realizava experimentos com diminutos robôs os quais ele chamava "tortoises". Daí a fonte de inspiração para que os robôs controlados por computador e criados no MIT, que se moviam no solo como resposta a comandos específicos, tivessem a forma de tartaruga. Os trabalhos em Matemática e em Computação Gráfica que surgiram nessa linha passaram a seguir diretamente e por herança a terminologia "tartaruga" (Abelson et al., 1981, p.xx).

Segundo Valente et al. (1988),

> "A tartaruga mecânica ainda existe e ainda é a melhor maneira para se apresentar Logo. Entretanto, os desenhos por ela produzidos são bastante imprecisos devido a problemas com a parte mecânica do robô. A tartaruga na tela do computador é uma representação da tartaruga mecânica e foi idealizada para contornar problema de precisão dos desenhos efetuados. Portanto, a melhor maneira de se pensar na tartaruga na tela é que ela é um robô que recebe comandos via computador." (p.4).

Ressalta-se que, com a disponibilidade de terminais gráficos, a tartaruga migrou do solo para a tela. Com isso torna-se possível a construção de desenhos geométricos mais precisos e em um tempo menor, uma vez que a tartaruga de tela movimenta-se mais rapidamente do que a de solo, e com um custo menor de implementação. No Logo a tartaruga se apresenta com sua carapaça voltada para o observador e percorre a tela como que deslizando-se sobre esta (por fora da tela), deixando seu rastro (que pode ser colorido) nela gravado.

Surgiu um novo termo: tartaruga gráfica. Mas o que significa esse termo? Tartaruga gráfica, como encontrado na literatura sobre Logo, é uma série de comandos, simples e poderosos que permitem a manipulação da tartaruga na tela.

Abelson et al. (1981), em sua obra *Turtle Geometry: The Computer as a Medium for Exploring Mathematics*, referem-se à tartaruga gráfica como sendo aquela que se movimenta em resposta a comandos de deslocamento em distância e de giro em graus. Ao introduzirem o sistema de coordenadas cartesianas para a representação de figuras geométricas, referem-se à tartaruga que se desloca na tela em resposta a comandos de posicionamentos baseados nesse sistema de coordenadas, como tartaruga cartesiana (p.11). Ressalta-se que os demais autores consultados não apresentam esse tipo de distinção entre as tartarugas do Logo.

Uma das grandes características da linguagem Logo é a incorporação da tartaruga gráfica. Esse fato em si representa uma grande vantagem da linguagem Logo quando comparada com outras linguagens tradicionais, qual seja, a tartaruga fornece uma resposta imediata. Com essa realimentação, torna-se fácil e, até mesmo, divertido aprender a programar com Logo.

Algumas versões de Logo usam uma tartaruga gráfica que tem a forma de um triângulo, outras, entretanto, usam a forma de uma tartaruga. Essas são as formas com as quais as tartarugas se apresentam no início de uma sessão de trabalho. Entretanto, em algumas versões de Logo, a tartaruga pode mudar sua forma na tela, assumindo o formato de pássaros, de carros, de aviões, ou outra forma implementada durante o desenvolvimento da linguagem ("sprites"). Existem, pois, formas diferentes de tartarugas na tela, mas todas obedecem a comandos específicos, que constituem as primitivas da Linguagem Computacional Logo.

Nessa mesma abordagem, Papert (1985) refere-se aos diversos modelos de tartaruga, e comenta que, no ambiente Logo, muitas crianças começaram a trabalhar conceitos sobre Geometria com a Geometria da Tartaruga, utilizando uma tartaruga mecânica, que consistia de um robô cibernético, que sob o comando de um usuário, executa os deslocamentos e os giros na tela de um monitor. Essa tartaruga de solo possui rodas, uma forma arredondada e uma caneta que deixa rastros quando comandada pelo usuário. Comenta, ainda, que suas características básicas, posição, orientação e habilidades de obedecer comandos na "linguagem da tartaruga", constituem os elementos mais importantes no processo de se "fazer geometria."

Os usuários mais experientes em Logo podem dispensar a presença da tartaruga na tela (o que torna a execução dos procedimentos computacionais mais rápidos), mas ela atua como um agente que aproxima o usuário do Logo. Após trabalhar-se com a tartaruga,

presente na tela, pode-se constatar como certas imagens adquirem aparência mais reais e certas idéias tornam-se mais concretas.

Algumas versões de Logo apresentam a possibilidade de se trabalhar, simultaneamente, com mais de uma tartaruga na tela. Nessas versões, operando com multi-tartarugas, é possível criarem-se jogos e animação em tempo real bem elaborados. Uma versão que possui essas características consiste no *StarLogo*, criado por uma equipe de pesquisadores liderada por Resnick, pesquisador do MIT. Ressalta-se que, mais adiante, neste capítulo, serão tecidas considerações sobre essa versão do Logo.

Existe ainda uma outra forma de tartaruga, a tartaruga luminosa, existente na forma de um triângulo, na tela do computador. Desenha linhas brilhantes, possuindo as mesmas características da tartaruga de solo. Um aspecto importante, segundo Papert (1985), consiste no fato de que a existência das duas carrega uma idéia extremamente poderosa, segundo as próprias palavras do referido autor, "… duas entidades fisicamente diferentes podem ser matematicamente a mesma, ou seja, são isomórficas[3]". Sob essa perspectiva, ao referir-se ao Isomorfismo de diferentes sistemas de tartarugas, oferece alguns exemplos de como a Matemática pode ser trabalhada pelas crianças, de uma maneira natural, sem a demasiada abstração encontrada, em geral, no contexto escolar.

O autor acima mencionado refere-se a exemplos de conceitos matemáticos importantes que aparecem na Geometria da Tartaruga baseados no Isomorfismo de diferentes sistemas de tartarugas como: Integração, Equações Diferencias, Invariáveis Topológicas (Papert, 1985, p.81).

Convém observar que no Item 4.4 serão descritos, mais detalhadamente, os movimentos da tartaruga.

4.3) Algumas Versões de Logo

Desde o surgimento do Logo, no final dos anos 60, versões têm evoluído explorando as vantagens dos mais recentes recursos de hardware e software que têm sido apresentados; entretanto, nessas versões a filosofia Logo e o básico da linguagem permanecem os mesmos. Ao contrário de outros ambientes de software educacional, Logo não está fundamentado em um período de tempo, um local geográfico, ou estilos e tendências correntes. Logo continua tão adequado agora quanto o foi na época de sua introdução.

Apresentam-se a seguir, as principais versões de Logo mais freqüentemente citadas na literatura, com algumas das quais a pesquisadora teve contato ao longo dos últimos dez anos, ou no Núcleo de Informática Aplicada à Educação da UNICAMP – NIED, no qual passou parte desse tempo trabalhando, ou durante o desenvolvimento desta pesquisa no período complementar.

---

[3] Isomorfismo: pela etimologia da palavra **iso** significa mesmo e **morfismo** significa forma. Neste contexto, apesar das tartarugas apresentarem diferenças físicas, e existirem em cenários diferentes (uma no solo, outra na tela do monitor), ambas podem representar os mesmos contornos das formas dos objetos, utilizando-se das mesmas estratégias e procedimentos.

Sabe-se que houve um grande avanço tecnológico no desenvolvimento dos computadores pessoais, a nível internacional, durante esses últimos 10 anos. Numa tentativa de recuperar a defasagem existente no Brasil, ocasionada pela reserva de mercado, foram comercializados famílias de computadores com diferentes configurações, processadores e periféricos. Parece inacreditável que o primeiro contato da pesquisadora com o Logo, na UNICAMP, em 1987, tenha ocorrido em uma máquina MSX, computador popular na época para esse tipo de atividade, hoje inexistente entre nós. Seguiram-se PC's dos tipos 286, 386, 486 e atualmente os Pentiums, com processadores cada vez mais rápidos e com capacidades gráficas cada vez mais avançadas.

Enfatiza-se que, desde o início da implantação dos computadores pessoais nas escolas americanas, a preferência recaiu nos computadores da família Apple, pelas inegáveis características mais avançadas naquela época. Entretanto, não seguiu-se essa tradição nas escolas brasileiras de 1º e 2º graus (que em realidade agora é que estão realmente sendo equipadas com esse recurso tecnológico), universidades, escritórios e lares. A cultura brasileira, nessa área, assim como em vários outros países, foi construída em torno dos computadores compatíveis com IBM's. Basta procurar-se anúncios sobre computadores na mídia, e, na maioria das vezes, encontram-se ofertas de diferentes fabricantes, mas todos compatíveis com IBM's.

Pela razão acima exposta, muitos softwares educacionais desenvolvidos nos USA foram (e ainda são) para computadores da família Apple, fato esse que, sem considerar a diferença de língua e de cultura, torna a utilização desses aplicativos impraticáveis em nossas escolas.

Voltando um pouco no tempo, é importante enfatizar que versões de Logo para computadores MSX foram muito populares na Europa, América do Sul e Japão. No trabalho de mestrado de Miskulin (1994a), as pesquisas relacionadas ao ambiente tridimensional foram realizadas com uma versão de Logo Tridimensional, desenvolvida por Reggini (1985).

Há atualmente disponíveis, para os usuários, várias versões de Logo, tanto comerciais, quanto versões de utilização gratuita para fins educacionais e de pesquisa. Observa-se que, em geral, as distintas versões de Logo usam as mesmos comandos fundamentais da tartaruga gráfica, a tal ponto que usuários podem mudar de uma versão para outra com relativa facilidade.

Informações (características, preços, formas de aquisição, etc) sobre algumas das versões de Logo mais utilizadas nos Estados Unidos – USA e Canadá (inclusive aquelas traduzidas para o português), podem ser obtidas via Internet no endereço http://el.www.media.mit.edu/groups/logo-foundation/software.html.

4.3.1) Versões Comerciais

As primeiras versões de Logo eram executáveis em computadores de grande porte que estavam confinados em alguns laboratórios (principalmente no MIT), sendo portanto, de acesso a usuários da academia. Com o avanço tecnológico computadores pessoais tornaram-se poderosos o suficiente para executar Logo. A partir desse momento sua utilização cresceu, principalmente nas escolas, e várias versões comerciais tornaram-se disponíveis. Valente (1995, p.5), referindo-se a Papert, explicita que "Em 1976 o Logo sai do Laboratório e passa a

ser utilizado na escola. Isso aconteceu graças ao projeto *An Evaluation Study of Modern Technology in Education*, iniciado em 1977 na Escola Pública de Brookline usando Logo implementado no microcomputador 3500 (desenvolvido por Marvin Minsky) com dezesseis alunos da 6ª série." A partir de um trabalho do grupo de Logo do MIT, no início dos anos 80, a Texas Instruments Inc, introduziu sua primeira versão comercial de Logo para seu computador TI 99/4, seguida de outra versão do MIT, produzida para a família de computadores Apple II. Desde então, várias versões de Logo para todos tipos de computadores pessoais têm sido apresentadas.

Provavelmente, as versões comerciais de Logo mais amplamente utilizadas foram desenvolvidas por Logo Computer Systems, Inc. (LCSI). Em 1986, LCSI introduziu a versão chamada *LogoWriter*, a qual foi inovadora em vários aspectos. *LogoWriter* é uma das versões mais popular de Logo, disponível no mercado. Ela combina as capacidades de programação Logo com capacidades de processamentos de palavras. Inclui múltiplas tartarugas (quatro), as quais podem assumir diferentes formas. Versões de *LogoWrite*r estão disponíveis para computadores Apple e compatíveis com IBM, e foram implementadas em várias línguas, inclusive em português, tornando sua utilização um grande sucesso ao redor do mundo.

Outra versão comercial popular de Logo é a chamada Terrapin Logo. Essa versão, produzida pela Terrapin Software, está disponível para computadores da família Apple II. O Terrapin Logo baseou-se na versão do MIT para Apple II, que foi sendo constantemente atualizada. A presente versão está sendo comercializada como *LogoPlus*.

Harvard Associates desenvolveram o *PCLogo* para DOS[4] e, posteriormente, para Windows (com versão em português), versões próximas dos produtos da Terrapin para computadores Apple. Recentemente, o *PCLogo* para Windows teve implementada facilidades de multi-tarefa[5] (Logo Foundation, 1997).

Em 1993, LCSI lançou o *MicroWorlds Logo*, o qual incorpora maiores mudanças no ambiente e na linguagem Logo. É uma aplicação moderna para Macintosh com uma interface familiar a usuários de outros programas Macintosh. *MicroWorlds* inclui muitas características extra Logo – ferramentas para pintar, editor de figuras, construtor de melodias, recursos para importar gráficos e sons. O usuário pode trabalhar com essas ferramentas integradas no ambiente Logo para criar projetos multimídia, jogos e simulações. *MicroWorlds Logo* inclui ainda um número de mudanças significativas, como a de multi-tarefa. Vários processos podem ser lançados independentemente. Isso é de grande valia na criação de animações com mais de um elemento ou objeto. *MicroWorld*, atualmente em sua versão 2.0, está disponível para Macintosh e Windows95 (disponível inclusive em português), apresentando uma interface, com o usuário, mais avançada e com melhores capacidades de multimídia.

Object Logo é uma versão comercial de Logo apresentada pela Paradigm Software, Inc. que enfatiza programação orientada a objeto. É de implementação extremamente poderosa. Ela compila programas Logo em programas de códigos nativo da máquina que são

---

[4] DOS – Disk Operating System – é um antigo sistema operacional para a execução de programas em microcomputadores.

[5] Multi-tarefa consiste em um recurso da linguagem que possibilita que vários processos possam ser lançados (executados) independentemente, ocorrendo em paralelo.

executados muito rapidamente (Gerald A. Edgar in Martin et al., 1997). *Object Logo* é a mais avançada versão da linguagem Logo e pode fornecer experiências de uma ferramenta para programação orientada a objeto, para alunos de programas mais avançados. Possui também a habilidade de compilar aplicações "standalone"[6].

ExperLogo, versão comercial de Logo oferecida pela ExperTelligence Inc., é um Logo compilado, com coelhinhos bi e tridimensionais. A explicação que se encontra para a opção de coelhos no lugar de tartarugas é que "coelhos vão mais rápido" (Gerald A. Edgar in Martin, 1997).

Logo também foi incorporado no *HyperStudio*, o amplamente popular programa para criar multimídia da Macintosh e Windows da Roger Wagner Productions.

Na Europa, foi desenvolvido o *Comenius Logo*, na Comenius University, na Eslováquia. *Comenius Logo*, comercializado pela Logotron (http://www.logo.com) como *SuperLogo* em inglês e como *MegaLogo* em português. É executado em ambiente Windows e faz uso de todas as poderosas características desse ambiente. Fornece completo suporte para a Geometria da Tartaruga, estruturas de dados, multimídia, múltiplas tartarugas (até 4.000, sendo possível especificá-las como tartarugas animadas), complexos e simples manuseios gráficos. Seu editor de imagens possui uma janela especial para criação de animação com seqüências de fase de uma figura. Oferece a habilidade de converter programas em aplicações "standalone" em Windows. Cópias de versões demonstrativas em vários idiomas, incluindo o Inglês e o Português, podem ser obtidas no endereço http://logo.die.fmph.uniba.sk/logo.

4.3.2) Versões de Domínio Público e de Shareware

Berkeley Logo é uma versão de Logo desenvolvida por Brian Harvey na Universidade da Califórnia em Berkeley, razão pela qual também tem sido referido como *UCB Logo*. *Berkeley Logo* é de implementação gratuita para fins educacionais e de pesquisa, podendo para tal finalidade ser copiado e distribuído. *Berkeley Logo* está disponível para sistemas Unix, máquinas DOS e máquinas Macintosh. A Linguagem é a mesma para todas as plataformas. De acordo com o referido autor:

> "Enquanto versões comerciais mais recentes de Logo têm enfatizado o controle de animação em tempo real, robótica, e outras aplicações nessa área, até certo grau à custa de características mais tradicionais do Logo, criadas para serem úteis no desenvolvimento de grandes e mais complexos programas, *Berkeley Logo* seguiu o projeto original." (Harvey, 1997, p.1) (tradução da pesquisadora).

Versões de *Berkeley Logo* podem ser obtidas no endereço http://HTTP.CS.Berkeley.Edu/~bh/, no qual há arquivos disponíveis para sistemas Unix, DOS e Macintosh. Apesar da vantagem de ser de implementação gratuita, *Berkeley Logo* é relativamente lento e trabalha com uma única tartaruga.

Uma outra versão de utilização gratuita, para fins educacionais e de pesquisa consiste em *MSWLogo*, desenvolvida por George Mills. *MSWLogo* é uma versão Windows do *Berkeley Logo*, desenvolvido por Brain Harvey. *MSWLogo* é executado em Windows e está sendo constantemente atualizada. Em sua versão 5.1 obtida em agosto de 1996, já suportava

---

[6] Standalone – recurso que propicia a possibilidade ao programa de ser executado independentemente da plataforma que o gerou.

1024 tartarugas independentes, que podiam mover-se no plano da tela. A versão mais recente apresenta algumas melhorias em relação à anteriormente citada, e trás uma novidade, qual seja, a tartaruga tridimensional (uma tartaruga). Desde outubro de 1998 está disponível para "download" a versão 6.3h, e pode ser obtida no endereço http://www.ultranet.com/~mills/download/mswlogo62.tx. Informações de suporte ao *MSWLogo* podem ser obtidas no endereço http://www.softronix.com/.

StarLogo é uma versão massivamente paralela de Logo que foi desenvolvida por uma equipe liderada por Mitchel Resnick no MIT. Enquanto versões comerciais de Logo possuem uma ou poucas tartarugas, *StarLogo* possui milhares de tartarugas que podem ser conduzidas em processos independentes e interagirem entre si e com "patches"[7]. As tartarugas do *StarLogo* estão à frente daquelas do Logo tradicional em vários sentidos: é possível controlar-se as milhares de tartarugas; todas as tartarugas podem executar comandos ao mesmo tempo; tartarugas podem "clonar" novas tartarugas, entre outros aspectos. Enquanto as tartarugas, nas outras versões de Logo, têm a função de desenhar para se criarem formas geométricas e explorarem-se idéias geométricas ("drawing turtle", segundo Resnick), as tartarugas do *StarLogo* são mais tartarugas comportamentais ("behavioral turtle"). As tartarugas do *StarLogo* vêm equipadas com percepção. Elas podem detectar e distinguir outras tartarugas nas proximidades e podem farejar cheiro no mundo delas. O sistema está especificamente projetado para facilitar a exploração de sistemas descentralizados, fenômenos emergentes e comportamentos auto-organizados. Resnick (1994) apresenta, em seu livro *Turtles, Termities, and Traffic Jams*, simulações comportamentais de colônias de formigas, de cupins e de tráfego de automóveis. Presentemente, *StarLogo* está disponível para computadores Macintosh e cópias podem ser obtidas no endereço http://www.media.mit.edu/~starlogo/. Encontra-se ainda, em desenvolvimento, versão para computadores compatíveis com IBM.

Convém ressaltar que a versão utilizada nesta pesquisa é o *Super Logo* para Windows – *SLogoW*. Trata-se de uma versão adaptada do Inglês para o Português pelo Núcleo de Informática Aplicada à Educação – NIED, da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, disponibilizada em 1995, a qual pode ser obtida através de disquete ou da Internet, no endereço http://www.unicamp.br/NIED. Em seu trabalho o NIED baseou-se no *MSWLogo* versão 3.7, desenvolvido por George Mills e Brian Harvey. *SlogoW* trabalha com uma tartaruga, e tem incorporada uma tartaruga tridimensional, através da qual é possível ao usuário descrever objetos espaciais. Representa-se, na Figura 4.1 a seguir, a tela do *SlogoW*.

Na barra de menu encontra-se o botão ajuda. Através dele, o usuário pode encontrar ajuda para entender os comandos do *SLogoW*.

Enfatiza-se que, em agosto de 1998, o NIED lançou uma nova versão em português do *SLogoW*. Trata-se da adaptação da versão 5.1 do *MSWLogo*. Esta nova versão apresenta novos recursos em relação à versão anterior. Por exemplo, é possível trabalhar-se com até 1024 tartarugas. Assim como na versão anterior, está também incorporado o ambiente da tartaruga tridimensional, em cujo desenvolvimento a presente pesquisadora teve participação. Apresenta-se a seguir a tela da nova versão do *SlogoW*.

---

[7] Resnick enfatiza que "patches" são partes do mundo no qual as tartarugas vivem. "Patches" não são meramente objetos passivos com os quais as tartarugas agem. Assim como as tartarugas, patches podem executar comandos do StarLogo (Resnick, 1994, p.153).

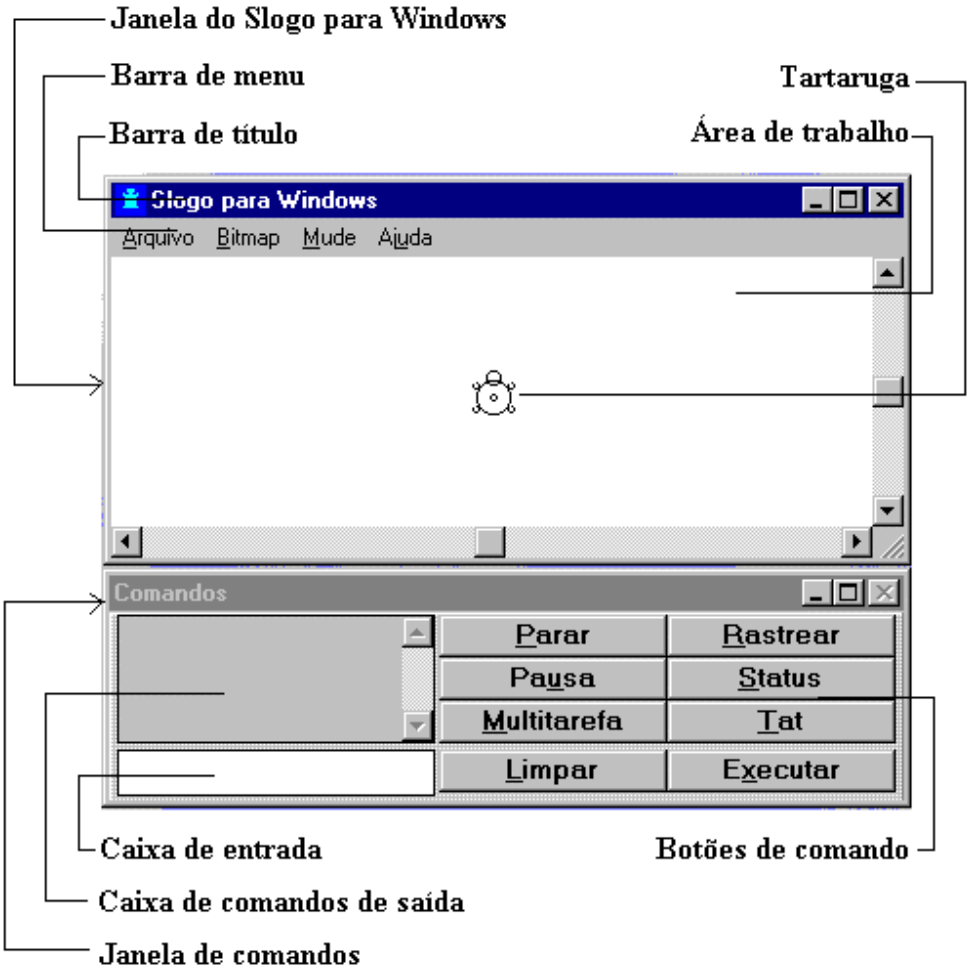


Figura 4.1 – Tela do *SLogoW* da UNICAMP

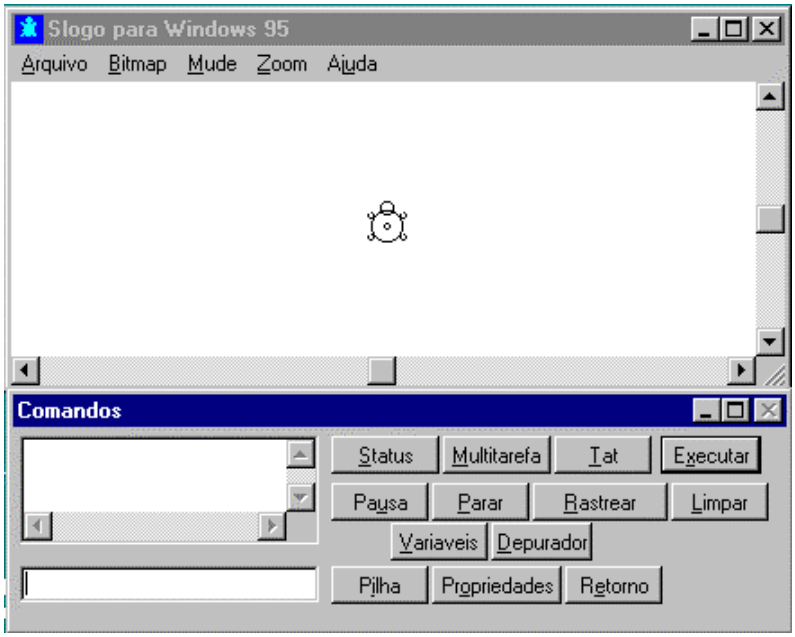


Figura 4.2 – Tela da nova versão do *SlogoW* da UNICAMP

4.4) Comandos de deslocamento e de giro da tartaruga

No Logo apresentado por Papert (1985), a tartaruga desenvolve suas ações em um espaço bidimensional, representado pela tela do computador. Assim, denomina-se posição ao lugar da tela que a tartaruga ocupa, e denomina-se direção à orientação na tela, segundo a qual, ela aponta sua cabeça. As duas condições acima definem o estado da tartaruga.

Ao se iniciar uma seção de trabalho no computador com Logo, a tartaruga se encontra no centro da área de trabalho (que não necessariamente coincide com o centro da tela – veja Figura 4.1 acima), que é seu ponto de partida, e voltada para cima. Essas condições definem seu estado inicial.

A tartaruga possui movimentos baseados na Geometria das Transformações no plano, como rotação (giro) e translação (deslocamento). Assim:

parafrente ou **pf**, e **paratrás** ou **pt** são comandos de deslocamento;

paradireita ou **pd**, e **paraesquerda** ou **pe** são comandos de mudança de direção.

Partindo respectivamente do estado inicial acima mencionado, a aplicação de comandos de deslocamento e de giro permitem os seguintes exemplos:

Exemplo 1) parafrente 50 – move a tartaruga para frente 50 passos



Figura 4.3 – Deslocamento vertical da tartaruga

Exemplo 2) paradireita 90 – gira a tartaruga para direita 90°
parafrente 50 – move a tartaruga para frente 50 passos

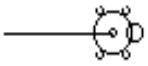


Figura 4.4 – Deslocamento horizontal da tartaruga

O resultado das ações dos comandos acima dependem do estado em que a tartaruga se encontrava anteriormente. Por exemplo, o comando **parafrente** move a tartaruga um número de passos especificado, a partir da posição em que ela se encontrava, sem alterar sua orientação. O comando **paradireita** gira a tartaruga, para a direita, em relação à orientação por ela apresentada anteriormente, um número de graus especificado.

Nesse momento, convém observar alguns pontos relacionados com o desempenho da tartaruga no processo de construção dos exemplos acima (Figuras 4.3 e 4.4).

Como já foi dito anteriormente, Logo é uma linguagem interpretada[8], e, portanto, de execução lenta. A velocidade com a qual a tartaruga desempenha sua tarefa na tela está relacionada com a capacidade de processamento do microcomputador utilizado (em um microcomputador Pentium a tartaruga desempenha suas tarefas mais rapidamente que em um computador 386, por exemplo) e de seu dispositivo gráfico de saída (placa de vídeo, por exemplo).

O tamanho do passo da tartaruga, na tela, (ao qual está associado o tamanho de uma figura, por exemplo) depende da resolução[9] ajustada para o vídeo. Baixas resoluções resultam em deslocamentos maiores na tela (portanto, figuras maiores).

Existe uma independência entre a resolução do vídeo e a resolução da impressora utilizada, isto é, independente do tamanho de uma figura na tela (função da resolução ajustada para o vídeo), uma vez impressa, essa figura se apresenta em tamanho único.

Há um caráter distinto entre os argumentos dos comandos **parafrente** e **paradireita**. Enquanto o argumento de **parafrente** determina o tamanho de uma figura, o argumento de **paradireita** determina sua forma. Como argumento de **parafrente**, um número maior produz um efeito maior, enquanto que, como argumento de **paradireita**, um número maior produz usualmente um efeito diferente, mas não necessariamente maior.

Para ilustrar a afirmação acima recorre-se aos procedimentos **figura1** e **figura2** abaixo definidos, com resultados apresentados na Figura 4.5.

```
ap figura1 :lado :ângulo1
repita 3 [ pf :lado pe :ângulo1 ]
fim

ap figura2 :lado :ângulo1 :ângulo2
repita 10 [ figura1 :lado :ângulo1 pf :lado pd :ângulo2 ]
fim
```

[8] Linguagem interpretada significa que cada instrução de um programa é executado linha após linha, em outras palavras, a execução de instruções de um programa por um interpretador é realizada seqüencialmente em uma linguagem de alto nível.

[9] Resolução: É o número de pixels em uma tela – especificamente, o número de pixels na vertical e na horizontal. Quanto maior for o número de pixels, maior será a resolução: letras menores e mais informações acondicionadas na tela de mesmo tamanho. Exemplos de resoluções são 640x480, 800x600 e 1024x768. Pixel: A tela do monitor pode ser entendida como uma matriz bidimensional onde seus elementos são chamados pixels (abreviação de picture elements). Em outras palavras, podemos dizer que pixel é cada um dos pontos da tela. Tudo na tela é composto de inúmeros pontos gráficos ou pixels. Cada pixel possui uma cor ou uma tonalidade diferente que cria a imagem.

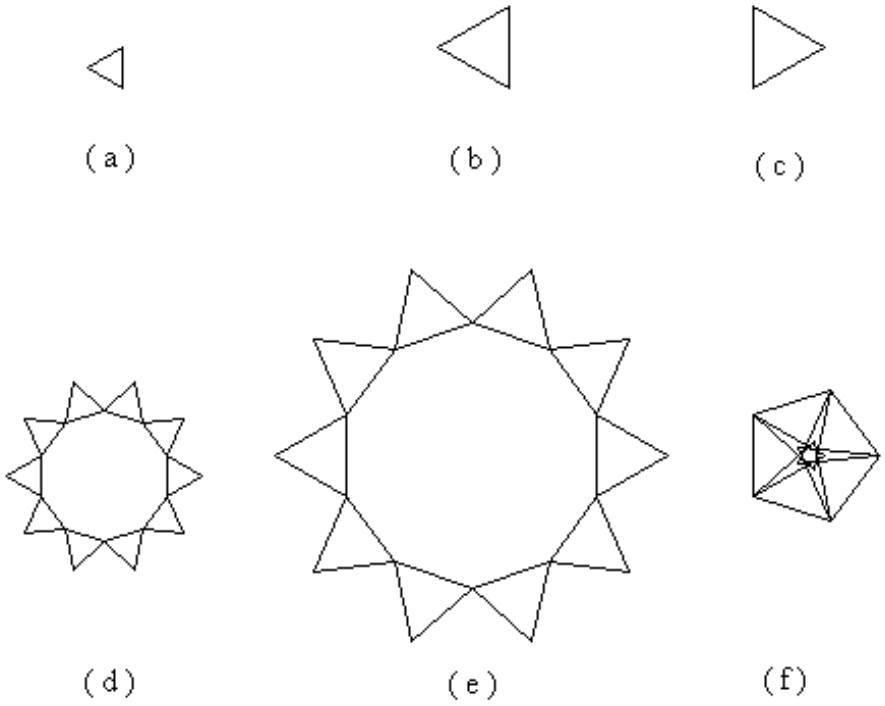


Figura 4.5 – Resultados dos procedimentos **figura1** e **figura2** para diferentes entradas
(a) **figura1** com lado = 20 e ângulo1 = 120^o
(b) **figura1** com lado = 40 e ângulo1 = 120^o
(c) **figura1** com lado = 40 e ângulo1 = 240^o
(d) **figura2** com lado = 20, ângulo1 = 120^o e ângulo2 = 36^o
(e) **figura2** com lado = 40, ângulo1 = 120^o e ângulo2 = 36^o
(d) **figura2** com lado = 40, ângulo1 = 240^o e ângulo2 = 72^o

Da observação das figuras acima pode-se verificar:

Nas Figuras 4.5 (a) e (b), observa-se que, dodrando-se o valor do argumento **lado** e mantendo-se o valor do argumento **ângulo1**, a figura resultante (b) manteve a forma da figura inicial (a) (triângulo) e a disposição na tela. Suas dimensões foram dobradas (tamanho). O mesmo efeito pode ser observado, comparando-se as Figuras 4.5 (d) e (e). Esta última figura teve suas dimensões dobradas e foi mantida a forma da figura inicial.

Nas Figuras 4.5 (b) e (c), observa-se que, mantendo-se o valor do argumento **lado** e dobrando-se o valor do argumento **ângulo1**, a figura resultante (c) manteve a forma da figura inicial (b) (triângulo) e dimensões (tamanho), porém sua disposição na tela foi alterada, apresentando-se como simétrica à primeira figura, em relação ao eixo vertical.

Nas Figuras 4.5 (e) e (f), observa-se que, mantendo-se o valor do argumento **lado** e dobrando-se os valores dos argumentos **ângulo1** e **ângulo2**, a figura resultante (f) apresentou uma alteração de forma e tamanho em relação à figura inicial (e).

4.5) Por que Logo?

Com o objetivo de explicitar como o Logo tem sido utilizado em aplicações e pesquisas educacionais, tecem-se considerações teórico-metodológicas a esse respeito.

Ao refletir sobre as potencialidades educacionais do Logo, buscam-se na literatura comentários e citações que evidenciam esse fato. Assim sendo, segundo Simonson et al. (1997):

> "Logo, baseado em teorias construtivistas de conhecimento e aprendizagem, permite a aprendizes construírem e testarem modelos visuais de conexões (relationships) matemáticas complexas. Enquanto ferramentas similares de visualização estão disponíveis para auxiliar no ensino e aprendizagem, Logo permanece uma experiência inicial simples para educadores interessados nesse tipo de aplicação de computador." (p.276) (tradução da pesquisadora).

Logo foi idealizado para permitir um aprendizado, por descoberta ou exploração, no ambiente natural e normal em que a criança vive. A intenção do uso do Logo seria, então, propiciar um ambiente no qual o progresso dos alunos dar-se-ia através do desenvolvimento de estágios de aprendizagem por exploração, onde eles seriam os próprios construtores de seus conhecimentos.

Nesse sentido, Logo propicia um ambiente no qual o professor desenvolve uma educação diferente da educação tradicional. Assim, o ensino dos conhecimentos matemáticos e geométricos ocorre através de situações-problema, nas quais o professor não é mais encarado como o professor tradicional, "detentor do saber", e sim o professor-pesquisador. Além disso, passa a ser o agente que desequilibra seus alunos, através de solicitações e instigações que geram conflitos cognitivos importantes, envolvendo dessa forma os alunos em um processo de busca e investigação para resolvê-los. Esse é um ambiente poderoso e propício para se "fazer matemática".

Enfatiza-se mais uma vez que, nesse contexto, os conceitos matemáticos e geométricos são trabalhados por meio de resolução de problemas. As situações-problema são elaboradas de acordo com as peculiaridades dos alunos, vinculadas a uma experiência psico-pedagógica vivenciada pelos próprios professores, por meio de cursos contínuos de reciclagem, de aperfeiçoamento, e de cursos de atualização tanto em Logo quanto em Matemática e, mais especificamente, em Geometria.

O aprendiz, por sua vez, frente a problemas desafiantes, procurará, através do processo de resolução dessas situações, adentrar-se em uma investigação e busca, utilizando estratégias que mais se adaptem a seus objetivos e finalidades, criando verdadeiras heurísticas. Ressalta-se em ambientes informatizados, nesse contexto, o movimento sincrônico das condutas cognitivas do sujeito em situações práticas do seu raciocínio (Miskulin, 1994a).

Para tanto, poderá fazer esquemas auxiliares, conjecturas, tentando comparar constantemente suas hipóteses e seus esquemas com a descrição de sua programação, e é a partir dessa constante comparação que ele irá refletindo e depurando o que é essencial e importante para resolver seu problema. Através dessa investigação contínua, o aluno terá condições de refletir sobre seus possíveis erros, reestruturando seus procedimentos, suas estratégias e até seus esquemas mentais. É dessa reestruturação mental do aluno, advinda da reestruturação de sua programação ("debugging" ou análise de erros), que ocorre o aprendizado propriamente dito.

Nessa mesma perspectiva, Papert, criador do Logo, em toda sua obra, preconiza a importância de computadores nas escolas e na vida das pessoas, e, nesse sentido, desenvolve duas idéias fundamentais em sua obra, afirmando que

> "É possível construir computadores de modo que aprender a comunicar-se com eles seja um processo natural, mais parecido com o processo de aprender francês morando na França do que com o método antinatural do ensino americano de línguas estrangeiras. (…) aprender a comunicar-se com um computador pode mudar a maneira como outras aprendizagens acontecem. O computador pode ser um interlocutor-de-matemática, ou um interlocutor-de-línguas." (Papert,1985, p.18).

Ainda nessa mesma perspectiva, o referido autor menciona que, de um modo geral, estão aprendendo a fabricar computadores com os quais as crianças sentem prazer em se comunicar. Quando ocorre essa comunicação, as crianças aprendem Matemática como uma língua viva. Segundo as próprias palavras do autor: "A idéia de "falar matemática" a um computador pode ser generalizada em uma visão de aprender matemática na "Matelândia"[10], isto é num contexto que está para a aprendizagem da Matemática assim como viver na França está para aprender Francês" (Papert, 1985, p.19).

O autor citado acima, refere-se à metáfora da "Matelândia" com o objetivo de questionar idéias profundamente arraigadas sobre os dons intelectuais humanos. Nesse sentido, cita como exemplo o aprendizado de Geometria, e a afirmação acadêmica de que as crianças não podem aprender Geometria formal antes de freqüentar a escola por alguns anos. Papert, discorda desta afirmação, postulando que crianças normalmente aprendem muito bem uma língua, por exemplo, Francês, se morarem na França por um determinado tempo. Em relação a esse respeito, afirma: "Minha suposição é que muito do que hoje vemos como demasiadamente "formal" ou demasiadamente "matemático", será aprendido facilmente quando as crianças, num futuro bem próximo, crescerem num mundo rico em computadores." (p.19).

Parte ainda do princípio de que é possível construir computadores de tal forma que aprender a comunicar-se com eles seja um processo tão natural como aprender a falar a língua materna. Para ele, o computador "fala matemática", e o domínio dessa linguagem torna-se a fonte do poder.

Nesse contexto, como analisar e escolher uma linguagem computacional?

Nesse sentido, uma linguagem computacional deve ser analisada como forma de expressão de certos conceitos, quando realmente explicita o conhecimento específico de um determinado domínio. Nesta pesquisa, os conceitos geométricos serão explicitados através da Linguagem Computacional Logo, utilizando o micromundo da tartaruga que, com sua estrutura matemática inerente, constitui, na concepção desta pesquisadora, um contexto favorável ao desenvolvimento de conceitos geométricos.

Os computadores são assim apresentados como os elementos transportadores de idéias poderosas e de mudanças culturais profundas que podem levar as pessoas a estabelecerem uma nova relação com o conhecimento (Papert, 1985).

---

[10] Matelândia: O autor criou essa palavra, utilizando o radical mate que significa guardar.

Logo é uma linguagem interativa. Tanto os comandos já existentes na linguagem, como aqueles definidos pelos usuários, podem ser executados a partir do momento em que eles forem convenientemente digitados em um determinado campo da tela (como na caixa de entrada mostrada na Figura 4.1). Como resposta, o usuário recebe, através de uma ação na tela, uma realimentação, que pode ser a execução do comando desejado ou uma mensagem identificando possível erro.

Do ponto de vista computacional, Logo é uma linguagem interpretada. Pode-se afirmar que há dois tipos de linguagens: compilada e interpretada. Na linguagem compilada o programa é escrito e submetido ao compilador. O compilador lê o código fonte e o converte para o código executável, o qual o computador entende. Já a linguagem interpretada não é anteriormente compilada, ou seja, cada linha é executada pelo interpretador. Este é um processo de realização mais lento (Manual do *SlogoW*).

Nessa perspectiva, como linguagem de programação, Valente (1993) preconiza que Logo serve para o usuário se comunicar com o computador, e segundo o referido autor,

> "… ela (linguagem de programação) apresenta características especialmente elaboradas para implementar uma metodologia de ensino baseada no computador (metodologia Logo) e para explorar aspectos do processo de aprendizagem. Assim, o Logo tem duas raízes: uma computacional e a outra pedagógica." (Valente, 1993, p.15).

Quanto ao aspecto computacional do Logo, o referido autor afirma que a porta de entrada do Logo têm sido as atividades espaciais através do Logo gráfico. Nesse sentido, conforme suas palavras:

> "Estas atividades espaciais facilitam muito a compreensão da filosofia pedagógica do Logo por parte dos especialistas em computação. Por outro lado, elas fazem com que os aspectos computacionais da linguagem de programação Logo sejam acessíveis aos especialistas em Educação." (p.16).

Quanto ao aspecto pedagógico do Logo, Valente (1993) menciona que Logo está fundamentado no Construtivismo piagetiano. De acordo com a teoria piagetiana, o sujeito constrói seus conhecimentos no processo de interação com o meio em que vive, utilizando-se de seus próprios mecanismos de aprendizagem, sem que ele seja explicitamente ensinado.

Nesse sentido, Valente (1993) afirma que

> "É justamente este aspecto do processo de aprendizagem que o Logo pretende resgatar: um ambiente de aprendizado onde o conhecimento não seja passado para a criança, mas onde a criança, interagindo com os objetos desse ambiente, possa desenvolver outros conceitos, por exemplo, conceitos geométricos. Assim do ponto de vista pedagógico existem diversos aspectos da metodologia Logo que devem ser enfatizados. Primeiro, o controle do processo de aprendizagem está nas mãos do aprendiz e não nas mãos do professor. Isto porque a criança tem a chance de explorar o objeto "computador" da sua maneira e não de uma maneira já estabelecida pelo professor. É a criança que propõe os problemas ou projetos a serem desenvolvidos através do Logo. (…) Segundo, propicia à criança a chance de aprender fazendo, ou seja, "ensinando a tartaruga" a resolver um problema. O fato de o aprendiz ter que expressar a resolução do problema, segundo a linguagem de programação, faz com que o programa seja uma descrição formal e precisa desta resolução, esse programa pode ser verificado através da sua execução; o resultado da execução permite ao aluno comparar as suas idéias originais com o produto do programa e, assim, ele pode analisar suas idéias e os conceitos aplicados; finalmente, se existe algo errado, o aluno pode depurar o programa e identificar a origem do erro." (p.19).

Ressalta-se que idéias do autor acima referido são implementadas e analisadas no Estudo de Caso, desta pesquisa, no qual analisam-se aspectos mentais e computacionais de sujeitos construindo conceitos geométricos no ambiente Logo.

4.6) Papert e o Construcionismo

Papert denominou de Construcionismo uma teoria em constante construção, baseada nos princípios construtivistas de Piaget, a qual enfatiza a influência do computador na construção do conhecimento (Papert, 1994a). Vários autores assinalam a importância da abordagem construcionista, tais como: Kafai e Resnick (1996), Valente, (1993), Maddux et al., (1996), Simonson et al., (1997), Druin et al., (1996), entre outros. Ressalta-se os aspectos mais importantes do ponto de vista educacional.

Dessa forma, de acordo com Kafai e Resnick (1996), Construcionismo é tanto uma teoria de aprendizagem quanto uma estratégia para a Educação. Foi idealizado com bases na teoria Construtivista de Jean Piaget, a qual assevera que o conhecimento não é simplesmente transmitido pelo professor ao aluno, mas, é, efetivamente construído pela mente desse. Crianças não "obtém idéias", elas "fazem idéias". Alem disso, Construcionismo sugere que aprendizes são, particularmente, aptos para realizar novas idéias quando eles estão, efetivamente, engajados no processo de fazer algum tipo de artefato externo – seja ele um robô, um poema, um castelo de areia, ou um programa de computador – no qual elas podem refletir sobre e compartilhá-lo com os outros. Assim sendo, Construcionismo envolve tipos inter-relacionados de construção, ou seja, a construção do conhecimento no contexto da construção pessoal de artefatos significantes (p.1, tradução da pesquisadora).

Esses mesmos autores preconizam que, Construcionismo não é um conjunto estático de idéias, pois os pesquisadores que desenvolvem trabalhos e pesquisas baseados nessa teoria, estão, continuamente reconstruindo e elaborando o que se entende por construcionismo, e, continuamente, construindo novas atividades educacionais e ferramentas para auxiliá-los nesse esforço. Um dos principais dogmas do construcionismo é que aprendizes, ativamente, constroem e reconstroem conhecimentos a partir de suas experiências de vida. Essa teoria coloca especial ênfase na construção do conhecimento que ocorre quando aprendizes estão envolvidos na construção de objetos. Construcionismo difere de outras teorias de aprendizagem em muitas dimensões. Enquanto muitas teorias descrevem a aquisição do conhecimento em termos puramente, cognitivos, construcionismo designa um importante papel à afeição, argumentando que aprendizes são mais aptos a tornarem-se intelectualmente envolvidos ou engajados, quando eles estão trabalhando em projetos e atividades, pessoalmente, significantes (p.2, tradução da pesquisadora).

Nessa mesma linha de raciocínio, os autores citados, acreditam que Construcionismo também enfatiza diversidade, isto significa que, aprendizes podem realizar conexões com conhecimento, de várias formas, uma delas expressa-se pelo fato de que, ambientes construcionistas incitam aos alunos engajarem-se em múltiplos estilos de aprendizagem e múltiplas representações do conhecimento (Kafai e Resnick, 1996, p.2, tradução da pesquisadora). Assim sendo, Valente (1993) descreve considerações sobre essa teoria, explicitando que

> "As atividades que acontecem no ambiente Logo, principalmente, com o Logo gráfico, são ideais para explicar o Construcionismo de Papert. (…) a abordagem Construcionista acontece quando usamos certos aspectos do Logo, como o Logo gráfico. Os comandos da linguagem são relativamente fáceis de serem aprendidos, a descrição da resolução de problemas espaciais em termos do Logo gráfico não é complicada, o resultado da execução do computador é uma figura, o que facilita a interpretação, a reflexão e a depuração." (Valente, 1993d, p.38).

Simonsom et al. (1997), em um dos capítulos do livro *Educational Computing Foundations*, descrevem sobre Logo como "Uma Linguagem de Visualização para Aprendizes". Assim sendo, referem-se à teoria Construcionista de Papert, dizendo que

> "A fundamentação teórica do trabalho de Papert pode ser embasada na área de Inteligência Artificial e nas teorias de Jean Piaget. (…) Papert acredita que o computador é melhor usado em educação como um "objeto para se pensar sobre" e não como "uma máquina provedora de informações" (p.278 tradução da pesquisadora).

Nesse sentido, Simonsom et al., afirmam que "Papert difere de Piaget em sua visão de intervenção no mundo do aprendiz". Com o objetivo de explicitar essa idéia, recorrem às próprias palavras de Papert:

> "Minha perspectiva é mais intervencionista. Meus objetivos são educacionais, não apenas entendimento. Então, no meu próprio pensamento eu tenho dado uma grande ênfase em duas dimensões implícitas nas não elaboradas no trabalho de Piaget: um interesse em estruturas intelectuais que poderiam desenvolver-se como opostas daquelas que de fato desenvolvem-se na criança e o "design" do ambiente de aprendizagem que são significativas à elas (computador)." (Papert, 1980, p.61) (tradução da pesquisadora).

Nesse mesmo raciocínio, Valente (1993d) tece considerações sobre "construcionismo x construtivismo", postulando que

> "Por quê é necessário um outro termo para definir o tipo de aprendizado que acontece no ambiente Logo ou, mais precisamente, com o Logo gráfico? Uma das razões (…) é o fato de a interação aluno – objeto ser mediada por uma linguagem de programação. Através dessa linguagem o aluno pode descrever suas idéias, o computador pode executar essa descrição e o aluno pode depurar sua idéia original tanto em termos de conceitos quanto de estratégias. Essas características adicionam uma outra dimensão à já conhecida interação com objetos que Piaget observou e descreveu como fonte do processo de construção do conhecimento. Uma outra razão é o fato de que a interação aluno – computador ser mediada por um profissional que conhece Logo – o mediador…" (p.36).

4.7) Pesquisas Educacionais com Logo

A aplicação de Logo, no ensino, não se restringe a uma particular área do curriculum ou a um tópico de uma disciplina, entretanto sua aplicação, na exploração de conceitos matemáticos, tem se mostrado de grande utilidade, o que o torna uma poderosa ferramenta de aprendizagem em Matemática.

4.7.1) Como Logo pode ser Utilizado no Processo Ensino/Aprendizagem de Matemática?

Logo não está limitado a algum particular tópico ou área do ensino. Ele, se constitui em um recurso poderoso para a exploração de conceitos matemáticos, à medida em que a tartaruga gráfica oferece um ambiente matemático natural.

Enquanto alguns softwares utilizados no ensino de Matemática são apropriados para a exploração de certos tópicos definidos durante sua elaboração, Logo tem mostrado ser bastante versátil e eficiente. Por exemplo, indicam-se, a seguir, algumas das formas nas quais é possível trabalharem-se conceitos matemáticos através do Logo:

Estimativa:	trabalhando com distâncias e ângulos;
Polígonos:	usando comandos de deslocamento e de giro combinados com o comando repita na criação de formas regulares;
Perímetro e área:	trabalhando com polígonos investigando relações entre números;
Simetria:	desenhando com simetrias de pontos e linhas;
Coordenadas:	plotando pontos e graficando linhas;
Probabilidade:	trabalhando com o gerador de números aleatórios existente no Logo;
Funções:	escrevendo funções que tenham como saída valores;
Álgebra:	graficando equações lineares e quadráticas;
Geometria:	desenhando e medindo linhas e ângulos;
Geometria espacial:	trabalhando com a tartaruga tridimensional;
Trigonometria:	trabalhando com as funções seno e coseno;
Fractais:	combinando gráficos e recursões;
Perspectiva	tartaruga tridimensional;
Área e volume	tartaruga tridimensional;
Simetria espacial	tartaruga tridimensional.

Nessa mesma perspectiva, Valente et al. (1988) apresentam em sua obra uma série de projetos de Matemática, utilizando Logo. Alguns desses projetos exploram conceitos sobre Trigonometria, Variáveis, Geometria, Vetores, Funções, Arcos e Circunferência, Fractais, entre outros.

Em Miskulin (1994a), Logo foi utilizado como um ambiente propício para a exploração de conceitos sobre a Geometria Plana e Espacial. Realizou-se um Estudo de Caso, no qual foram analisados, sob a ótica da Microgênese Cognitiva, os processos mentais e computacionais de dois usuários de Logo, um utilizando Logo Bidimensional para a exploração da Geometria Plana, e o outro utilizando o Logo Tridimensional para a exploração da Geometria Espacial. Alguns conceitos foram trabalhados na referida pesquisa, tais como: Conceitos de Cálculo Diferencial e Integral; Conceitos Maximização de Áreas e Volume; Conceitos de Escala e Proporção; Conceitos de Geometria Analítica: Distância entre Dois Pontos, Distância de um Ponto a uma Reta; Conceitos de Geometria Espacial: Poliedros, Composição de Sólidos Geométricos; Conceitos de Paralelismo e Perpendicularismo.

Enfatiza-se que, no Capítulo 3 desta pesquisa, foi abordada a inter-relação das novas tecnologias com a Educação Matemática. Assim sendo, no referido capítulo, foram abordadas algumas pesquisas que relacionavam Logo com Matemática.

Na presente pesquisa, procurando oferecer aos pesquisadores da área uma visão das tendências atuais da Educação Matemática frente às novas tecnologias, recorre-se a alguns trabalhos realizados por Ernest (1991), em sua obra: *Mathematics Teaching: The State of the Art*.

Nesse sentido, dentre as várias pesquisas apresentadas no referido livro, enfatiza-se uma que aborda o processo ensino/aprendizagem com Logo, qual seja: *What's the Use of Logo?* Nessa pesquisa, Ernest menciona que um grande número de asserções foram feitas pelos "entusiastas" da linguagem Logo, argumentando que Logo, além de oferecer uma nova experiência em programação, possibilita um caminho revolucionário de se aprender Matemática (Ernest, 1991, p.33).

Nessa abordagem, o referido autor comenta ainda que Logo pode ajudar as crianças a aprenderem conteúdos de Matemática – os conceitos e as habilidades de Matemática. Além disso, Logo pode auxiliar as crianças a aprenderem as estratégias inerentes aos processos de raciocínios relacionados aos conceitos matemáticos, particularmente, as estratégias gerais sobre resolução de problemas. Logo encoraja novos estilos de ensino e aprendizagem, incluindo trabalhos cooperativos e em grupos, discussões e investigações.

Ainda nessa perspectiva, Ernest afirma também que, no contexto da Geometria da Tartaruga as crianças fazem desenhos na tela do monitor. Esse fato propicia experiências concretas sobre o aprendizado de vários conceitos matemáticos, e habilidades em Geometria e em outras partes de Matemática.

Alguns conceitos matemáticos que podem ser compreendidos, através da Geometria da Tartaruga no contexto Logo, são apresentados pelo autor, acima citado.

Um dos conceitos relaciona-se à "estimativa de distância". Em geral, o primeiro problema que a criança encontra quando está aprendendo a manipular os movimentos da tartaruga diz respeito à escolha que a criança deverá fazer para decidir quantas unidades de deslocamento longitudinal são necessárias para colocar a tartaruga no destino desejado. Esse processo é seguido de tentativas e erros para se alcançar o ponto estabelecido, e por isso o indivíduo desenvolve a habilidade de estimar distâncias na tela, em termos de unidades arbitrárias de comprimento percorridas pela tartaruga. Enfatiza-se ainda que um número considerado de relações, envolvendo comprimentos, é freqüentemente descoberto, tais como, o fato de em um triângulo retângulo com lados: A, O e H, H ser maior que O e A, mas menor que a soma de O com A, ou seja, a hipotenusa é maior que qualquer um dos catetos e menor que a soma deles.

Outro conceito apresentado pelo referido autor, relaciona-se com o conceito de ângulo. O uso dos comandos **paradireita** e **paraesquerda** solicita à criança uma exploração das medidas de "ângulos" em graus. Dessa forma, a criança usa medidas de ângulos e desenvolve habilidades de estimativas em ângulos e em distâncias.

Nesse processo, "concepções dinâmicas" sobre ângulos são desenvolvidas pela criança, à medida em que é atribuído um significado concreto ao ângulo da Geometria da Tartaruga como uma quantidade de giros. Esse contexto possibilita à criança descobrir propriedades dos ângulos de figuras planas, tais como: uma linha reta representa um ângulo de 180^o, o ângulo exterior de um triângulo equilátero é 120^o, os ângulos exteriores a um polígono somam 360^o. Esse último fato, Papert denomina de Teorema do Giro Completo da Tartaruga, ou seja, em qualquer percurso, no qual a tartaruga parte e retorna à mesma posição e orientação, esta gira um ângulo múltiplo de 360^o. Informa-se que esse teorema será abordado no final deste capítulo.

Um outro conceito geométrico que Ernest aborda ao longo de sua pesquisa, refere-se ao conceito de “transformações simétricas”. Nesse sentido, explicita que a exploração da Geometria da Tartaruga começa, usualmente, com o desenho de formas de figuras, através de seqüências de instruções e, mais tarde, por meio de procedimentos construídos a partir dessas seqüências. Uma vez que uma forma de figura tenha sido desenhada, fazer cópias dessa forma, movendo-se a tartaruga para uma nova posição na tela, torna-se um processo natural para a criança. Se a direção da tartaruga for mudada, o resultado será uma rotação. Se a posição da tartaruga for mudada e sua direção permanecer a mesma, então o resultado será uma translação.

Desse modo, transformações simétricas básicas emergem simples e naturalmente no contexto Logo, como ilustrado abaixo:

```
bandeira
pd 90
bandeira
```

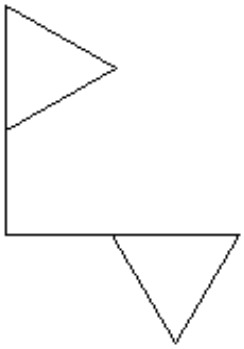


Figura 4.6 – Representação de rotação aplicada a uma bandeira

```
bandeira
pd 90
un pf 100 ul
pe 90
bandeira
```

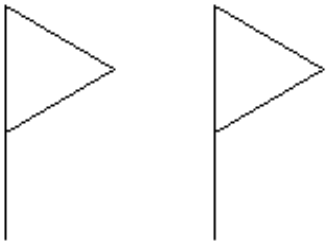


Figura 4.7 – Representação de translação aplicada a uma bandeira

As Figuras 4.6 e 4.7 representam respectivamente uma rotação e uma translação aplicadas a um simples procedimento chamado **bandeira**, abaixo apresentado:

```
ap bandeira
pf 50
repita 3 [ pf 60 pd 120 ]
pt 50
fim
```

A exploração da Geometria da Tartaruga leva ao desenvolvimento de noções de **translação** e de **rotação**. O desenho de linhas retas que se obtém, movendo-se a tartaruga, propicia uma base para o desenvolvimento do conceito de **vetor**. Nesse contexto, a criança, através da experimentação, descobre bonitos modelos de **simetria** que emergem a partir de rotações repetidas de formas simples, como ilustrado na Figura 4.8 abaixo. Dessa forma, o referido autor, conclui que Logo capacita à criança descobrir e aplicar transformações simétricas em um caminho criativo e original (Ernest, 1991, p.36).

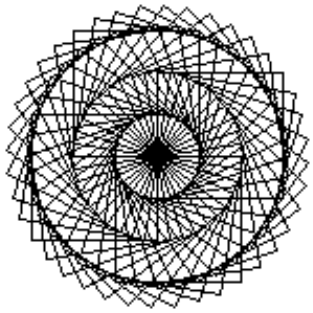


Figura 4.8 – Representação de um desenho simétrico obtido com Logo

Ernest, em sua pesquisa, mostra outros conceitos matemáticos que podem ser explorados com Logo, tais como, forma, ampliação e similaridade, variáveis, álgebra e recursão, concluindo que Logo é um ambiente poderoso a ser explorado no ensino da Matemática.

Concorda-se com a abordagem dada ao Logo pelo referido autor e reforçam-se essas concepções, postulando que, em ambientes no qual o computador se faz presente, em particular no ambiente Logo, é possível resgatar os processos cognitivos do sujeito pela descrição de sua programação e também pela constituição de diferentes estratégias e heurísticas utilizadas por ele.

Evidenciam-se, desse modo, a potencialidade e as idéias poderosas do ambiente computadorizado, mais especificamente do contexto Logo, pois este está sempre sugerindo ao sujeito aquisição de novos conhecimentos e proporcionando condições de reelaboração de suas estratégias, criação de heurísticas e, finalmente, possibilitando a construção de novas idéias. Esse paradigma se distingue como ferramenta educacional pelos seus aspectos interativos que proporcionam aos usuários a geração de novos problemas e de novas possibilidades de resolução, constituindo-se, dessa maneira, em um artefato metodológico que possibilita ao professor compreender o raciocínio do aluno e, assim, obter referências necessárias para o pleno desenvolvimento de sua proposta pedagógica.

4.8) Geometria da Tartaruga

Em Miskulin (1994a), algumas idéias sobre o tema já foram apresentadas, mas por se tratar de concepções extremamente importantes recorre-se a elas, novamente, nesta pesquisa.

4.8.1) O que é a Geometria da Tartaruga?

> "A coisa mais importante para lembrar-se sobre a Geometria da Tartaruga é que ela é uma Matemática arquitetada para propiciar um aprendizado por tentativas e exploração e não uma Matemática que apresenta seus teoremas e suas provas." (Abelson et al., 1981).

Como bem explicita o pensamento acima de Harold Abelson e Andrea diSessa, em seu livro *Turtle Geometry: The Computer as a Mediun for Exploring Mathematics* (1981), nota-se que a Geometria da Tartaruga é definida como sendo uma Matemática distinta da Matemática tradicional, pois observa-se que a Matemática, como é tratada nas escolas de um modo geral, é "ensinada" como uma ciência pronta, com conteúdos estanques, desvinculados totalmente da realidade e, mais ainda, com grande formalismo e abstração. É um ensino que se processa através da transmissão de fatos. Desse modo, a Matemática não cumpre o seu grande objetivo como Ciência, qual seja, desenvolver o pensamento humano em todos os sentidos e direções, ou ainda, desenvolver e transformar a própria concepção de mundo do indivíduo.

Em uma análise mais técnica, pode-se dizer que a Geometria da Tartaruga caracteriza-se por um estilo diferente da Geometria Euclidiana, da Geometria Analítica e das demais Geometrias. Nela, encontra-se tanto o estilo Axiomático de Euclides (Lógico), quanto o de Descartes (Analítico). Encontram-se, assim, esses dois estilos inseridos no Logo, através do micromundo da Tartaruga. A Geometria da Tartaruga é um estilo computacional de Geometria que, por sua estrutura subjacente, faz uma abordagem construtivista da própria Geometria Euclidiana e das demais formas de abordagens da Geometria.

4.8.2) Inter-relacionamento da Geometria da Tartaruga com algumas Geometrias

4.8.2.1) Conceito de Ponto

Fazendo uma analogia entre o conceito de Ponto para Euclides e a Tartaruga para Papert, observa-se que para Euclides, um ponto é definido como uma entidade que possui uma posição, e é desprovido de outras propriedades. O ponto é estático, possui apenas posição. Na Geometria da Tartaruga, a entidade fundamental é a tartaruga (Papert, 1985). Ela não é desprovida de outras propriedades, pode ser relacionada a coisas e pessoas e é dinâmica, pois além de posição, possui também direção. Para Papert, a tartaruga é como uma pessoa, "eu estou aqui, voltada para o norte", ou como um animal, ou como um objeto.

Dessas similaridades, provém a habilidade da tartaruga servir como uma primeira representação da Matemática formal para o usuário do Logo. Na Geometria da Tartaruga, o computador é usado como um meio de expressar-se matematicamente, o que possibilita aos professores, no ambiente Logo, elaborarem tópicos que façam sentido para os seus alunos, e que lhes possibilite aprender os conceitos decorrentes desses tópicos ou situações-problema.

Percebe-se, a partir da comparação da noção de Ponto entre as duas Geometrias, que conceitos tomados como inquestionáveis são redimensionados, através da Geometria da Tartaruga, provocando novas relações com o conhecimento.

4.8.2.2) Conceito de Círculo

Para a Geometria Euclidiana círculo é o lugar geométrico dos pontos eqüidistantes do centro. Analisando mais detidamente essa definição de círculo, nota-se que se trata de um conceito formal que é simplesmente passado para o aluno "decorar", e assim, pode-se inferir que o mesmo acontece com a maioria dos conteúdos matemáticos tradicionalmente ensinados.

Já no contexto da Geometria da Tartaruga, é o usuário do Logo que, ao interagir com o micromundo da Tartaruga, através de comandos simples, vai construindo passo a passo os conceitos, sem a demasiada abstração da simbologia matemática, isto é, o usuário do Logo, ao representar a construção de um círculo[11] no computador, no ambiente Logo, está no domínio da aprendizagem, sendo que nesse contexto cria suas próprias estratégias de Resolução de Problema, avaliando-as constantemente. O usuário do Logo pode utilizar várias estratégias diferentes para construir um círculo ou uma circunferência na tela do computador. Uma das estratégias escolhidas pelo sujeito poderia constituir-se na construção gradativa de diversos polígonos regulares (triângulo, quadrado, pentágonos, hexágonos, e assim por diante) aproximando-se de uma circunferência.

Um outra estratégia poderia ser a construção, a partir de um ponto, de vários segmentos de reta com a mesma medida, deslocados radialmente (raio), com um mesmo ângulo. Em cada uma dessas estratégias, o conhecimento matemático subjacente expressa-se de forma diferente. Na primeira, ao construir uma circunferência a partir de polígonos regulares, aumentando gradativamente o números de lados do polígono, tem-se a noção de aproximação, de limite; em outras palavras, o usuário escolhendo essa estratégia não está construindo a circunferência na tela, e sim, representando-a. Por outro lado, ao escolher a segunda estratégia, o usuário constrói realmente uma circunferência na tela, pois respeita a definição matemática: circunferência é o lugar geométrico dos pontos eqüidistantes do centro. Existe pois, uma diferença entre representar uma circunferência na tela do computador e construí-la. Na sua construção, o usuário leva em conta os aspectos conceituais do polígono, enquanto que na sua representação, o usuário considera os aspectos figurais do polígono.

4.8.3) Princípios Básicos sobre a Geometria da Tartaruga

Nesse momento, caberia a seguinte questão: Que Matemática estaria subjacente à Geometria da Tartaruga?

O critério fundamental que Papert utilizou para construir a Geometria da Tartaruga baseou-se em alguns princípios básicos:

---

[11] Nesse contexto não é relevante a distinção entre o conceito de circunferência e o conceito de círculo, pois da forma como se está programando a tartaruga, esta desenha apenas o contorno da figura.

- A Matemática intrínseca à Geometria da Tartaruga deveria ser apropriável, isto é, tomando-se apropriabilidade no sentido de desenvolver-se e obter-se um pensamento matemático sólido que faça sentido, afetivamente, ao usuário do Logo. Por exemplo, as idéias matemáticas, como espaço e movimento, são aquelas que chegam às crianças de uma maneira mais natural. Foi nesse contexto, em que as idéias matemáticas são permeadas pela naturalidade e pela apropriabilidade, que Papert mergulhou as raízes da Geometria da Tartaruga. Nesse sentido constata-se o **Princípio da Apropriabilidade**.

- A Matemática deve ter relação de continuidade com o pensamento individual, possibilitando ao aluno a compreensão significativa dessa relação de onde possa emergir um sentido de afeição, de maior valor afetivo, bem como emergir uma competência cognitiva. Constata-se, nesse caso, o **Princípio da Continuidade**.

- A Matemática deve propiciar poder ao estudante, no sentido de que seria impossível realizar projetos sem a Matemática. Deriva-se daí o **Princípio do Poder**.

- A Geometria da Tartaruga, que faz sentido para as crianças, como pode ser constatado nas explanações contidas ao longo do livro de Papert, deve também fazer sentido em um contexto cultural mais amplo, como o sistema educacional, a escola, a comunidade, entre outros. Deriva-se daí o **Princípio da Ressonância Cultural**.

Constata-se que esses quatro princípios estão implícitos na Matemática subjacente à Geometria da Tartaruga.

Um outro aspecto fundamental que deve ser ressaltado sobre a tartaruga do Logo é que ela representa, simultaneamente, uma base de conhecimento, uma possibilidade de identificação, além de uma presença cultural.

Representa *base de conhecimento*, no sentido de que, ao programá-la, o usuário do Logo transpõe seus conhecimentos matemáticos anteriores às novas e criativas situações ("object-to-think-with").

Representa *possibilidade de identificação,* pois, muitas vezes, o usuário do Logo simula os movimentos básicos da tartaruga, transpondo seu próprio corpo a ela – sintonicidade corporal[12], como explicitam Abelson et al. (1981).

E, finalmente, representa uma *presença cultural*, pois está ali, "frente a frente" com o usuário, faz parte do contexto em que está inserido, de sua cultura. Esse fato está implícito no princípio da Ressonância Cultural.

Ao "ensinar a tartaruga", programando-a por meio de comandos simples, alterando sua posição e direção, criando projetos e desenhos, a criança está aprendendo a exercer um controle sobre um, excepcionalmente, rico e sofisticado micromundo, que é, na verdade "incubador do conhecimento" (Papert, 1985). Essa noção de micromundo desempenha um papel central nas idéias educativas de Papert. O conhecimento, para ele, desenvolve-se

[12] O conceito de "sintonicidade" corporal para Papert (1985, p.81) se expressa pelo conhecimento da Geometria que se adquire através do movimento do corpo. Esse conceito assume uma importância efetiva no Logo Tridimensional como será visto nesta tese.

essencialmente de forma natural, de acordo com as experiências que se vão apresentando às crianças, sendo o meio ambiente um fator crítico no desenvolvimento tanto cognitivo quanto afetivo. A utilização educativa do computador deverá ser orientada para criar um contexto que favoreça esse desenvolvimento, engendrando os usuários em um processo contínuo de construção de seus próprios conhecimentos.

O computador para Papert modifica totalmente o meio ambiente da criança, especialmente, se estiver sempre disponível a ela, permitindo-lhe todo um conjunto de novas experiências cognitivas e afetivamente estimulantes.

Caberia, nesse momento, uma reflexão por parte dos educadores matemáticos, expressa no questionamento assim delineado: A que paradigma de programação se refere a arquitetura da Geometria da Tartaruga?

Segundo Baranauskas (1993), encontram-se implícitos, na Linguagem Computacional Logo, quatro paradigmas distintos: Paradigma Procedural, Paradigma Funcional, Paradigma Orientado para Objetos e Paradigma de Programação em Lógica.

Nesse sentido, postula, referindo-se ao paradigma procedural (da Geometria da Tartaruga):

> "Nesse paradigma, programas são "prescrições" de solução para os problemas. Programar a tartaruga do Logo é, portanto, um modelo "procedural" de programação, onde o procedimento que a criança cria para "ensinar" a tartaruga deve conter todos os passos que a tartaruga deve executar para conseguir o resultado desejado. O modelo de como a máquina (computador) "funciona" está sendo representado no papel da tartaruga, no sentido de que esta executa ações seqüencialmente. Portanto, representa um problema para ser resolvido. Nesse contexto, envolve saber "o que" a tartaruga deve fazer e instruí-la a exatamente "como" fazer. A tartaruga e, indiretamente, o computador são tratados como um "objeto" que obedece ordens." (Baranauskas, 1993, p.53) (grifo da pesquisadora).

Baranauskas conclui, dizendo que, no contexto acima está explícito o paradigma procedural de programação, isto é, esse paradigma refere-se à arquitetura subjacente à Geometria da Tartaruga.

O paradigma procedural implícito na linguagem computacional Logo é uma característica importante, pois esse fato significa que, para o usuário, é relativamente simples criar novos procedimentos em Logo. Desse modo, ao programar o computador para representar um quadrado, a metáfora que se usa com o usuário é de "ensinar a tartaruga" a executar um conjunto de comandos ou primitivas que resulta em um quadrado. Assim sendo,

```
ap quadrado
pf 50  pd 90
pf 50  pd 90
pf 50  pd 90
pf 50  pd 90
fim
```

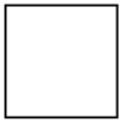


Figura 4.9 – Quadrado construído com o programa **quadrado**

Nesse sentido, o programa acima define o que é um quadrado. É importante ressaltar que poderiam ser atribuídos diferentes nomes ao procedimento, escolhidos entre aqueles que parecessem ser mais significativos e interessantes ao usuário. Desse modo, pode-se usar o comando **quadrado** como um outro comando do Logo, isto é, o **quadrado**, no programa **estrela**, representaria um sub-procedimento do programa mais geral (**estrela**). Ressalta-se, nesse contexto, que o próprio usuário cria comandos novos, à medida que desenvolve a representação de seus projetos. Assim sendo,

```
ap estrela
repita 10 [ quadrado  pd 36 ]
fim
```

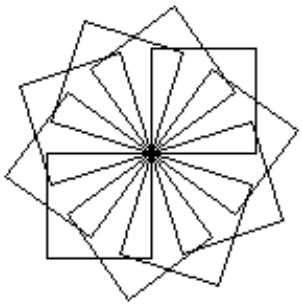


Figura 4.10 – Estrela - Projeto para ilustrar o procedimento procedural

Ressalta-se que, ao se elaborar um programa para representar um quadrado, e um outro para representar um triângulo, como explicitados a seguir, e representados pelas Figuras 4.11 e 4.12, poder-se-ia perguntar: O que é igual no quadrado e no triângulo?

```
ap qua
repita 4 [ pf 40 pd 90 ]
fim
```

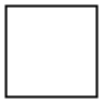


Figura 4.11 – Quadrado construído com o programa **qua**

```
ap tri
repita 3 [ pf 40  pd 120 ]
fim
```

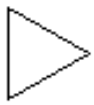


Figura 4.12 – Triângulo construído com o programa **tri**

Quando o usuário se coloca no lugar da tartaruga e percorre o caminho que deseja que ela siga, percebe claramente que, em ambos os programas acima descritos, a tartaruga começa e termina no mesmo ponto, apontada para a mesma direção. Esse fato significa que o estado inicial da tartaruga é o mesmo que o estado final, e que entre eles foi realizada uma volta completa.

O fator diferenciador, nos dois casos acima, constitui-se no fato de que o giro foi feito em "quatro andadas" ou em "três andadas". O conteúdo matemático dessa idéia é tão poderoso quanto simples. Deve-se dar importância à noção de giro total, ou seja, estabelecer quanto se vira no total. Nota-se que todos os giros completos são iguais a 360 graus. No primeiro caso, os quatro 90 graus do quadrado somam 360 graus e, uma vez que todos os giros acontecem nos vértices, cada virada em um triângulo deve ser de 360 graus divididos por três. Assim, cada virada corresponde a 120 graus.

Esse fato constitui-se na proposta do **Teorema do Giro Completo da Tartaruga** apresentada por Papert: "*Se uma Tartaruga percorre um caminho ao redor do perímetro de qualquer área e termina no mesmo estado em que começou, então a soma total dos giros será 360 graus."* (Papert, 1985, p.101).

Papert considera que o **Teorema do Giro Completo da Tartaruga** é mais poderoso, pois a criança pode realmente usá-lo. É mais genérico, pois aplica-se a quadrados e curvas, assim como a triângulos. É mais compreensível, pois sua prova é de fácil entendimento. É também mais pessoal, pois pode-se "percorrê-lo passo a passo". E, nesse sentido, constitui-se também um modelo para o hábito generalizado de relacionar a Matemática ao conhecimento pessoal.

Ressaltando a importância de se utilizar teoremas de uma forma devida no ensino da Matemática, recorrem-se às seguintes palavras do autor:

> "... o que é importante, quando damos um teorema às crianças para que o utilizem, não é que elas o memorizem. O que mais interessa é que, ao desenvolver com alguns teoremas bastante poderosos, podemos vir a apreciar como certas idéias podem ser usadas como ferramentas com as quais podemos pensar ao longo da vida. Aprende-se a apreciar e respeitar o poder das idéias poderosas; aprende-se que a mais poderosa idéia entre todas é a idéia de idéias poderosas." (Papert, 1985, p.102) (grifo da pesquisadora).

Nesse contexto, devido ao papel atribuído à tartaruga, o processo do aluno ao programá-la constitui-se um contexto propício ao desenvolvimento de noções geométricas. Esses aspectos foram abordados na pesquisa de Miskulin (1994a), entre eles, o inter-relacionamento da Geometria da Tartaruga inerente ao Sistema Computacional Logo com algumas das diferentes abordagens da Geometria ao longo das civilizações.

4.8.4) Alguns Teoremas da Geometria da Tartaruga

Os teoremas em Logo surgem de uma maneira clara e intuitiva. Como já mencionado nesse capítulo, Papert enunciou o **Teorema do Giro Completo da Tartaruga**: "*Se uma Tartaruga percorre um caminho ao redor do perímetro de qualquer área e termina no mesmo estado em que começou, então a soma total dos giros será 360 graus.*" (Papert, 1985, p.101).

Reggini, ao longo de sua obra *Alas para la mente - Logo: Un lenguaje de computadoras y un estilo de pensar* (1986), apresenta dois teoremas decorrentes dos trabalhos lá apresentados.

O primeiro é o **Teorema da Simetria**: "*Se em um procedimento que produz uma figura se mantêm as longitudes e se invertem os sentidos dos giros dos ângulos, obtém-se a imagem espectral da figura original.*" (p.73).

O segundo é o **Teorema da Similaridade**: "*Se em um procedimento que produz uma figura, se mantêm os ângulos e se duplicam, por exemplo, as longitudes, obtém-se a mesma forma que a figura original, porém de tamanho dobrado.*" (p.110).

Do trabalho com Logo Bidimensional enuncia-se o seguinte **Teorema do Polígono Convexo**: *Um polígono será convexo se, nos procedimentos empregados em sua construção, forem mantidos os sentidos do deslocamento longitudinal e do giro da tartaruga*.

4.9) O Professor no Ambiente Logo

Quando se propõe tecer reflexões sobre o papel do professor, depara-se com uma temática complexa que exige muitos estudos e pesquisas. No Capítulo 1, desta pesquisa, esse assunto já foi abordado. Nesse momento, enfatizam-se alguns aspectos que se consideram importantes no contexto Logo. Nesse sentido, questiona-se: Qual é o papel do professor nesse ambiente?

Nessa perspectiva, recorre-se a Valente (1995) o qual aborda essa temática em sua obra: O Professor no Ambiente Logo – Formação e Atuação.

De acordo com o referido autor, a utilização do computador requer ações que são efetivas na construção do conhecimento do aluno, como: descrever suas idéias em termos da Linguagem Logo, refletir sobre os resultados apresentados pelo computador e depurar essas idéias. Essas interações com o computador propiciam a exploração de conceitos no processo de resolução de problemas e, assim sendo, são essenciais na construção do conhecimento. Entretanto, o processo de descrição, reflexão e depuração, não se realiza de uma maneira simples. Essa interação aluno-computador necessita ser mediada pelo professor, que deve conhecer Logo e, ainda, conhecer teorias do conhecimento para que ele possa atuar, de forma significativa, nesse processo.

Esse mesmo autor comenta sobre algumas funções básicas do professor, no ambiente Logo, quais sejam: "… explicitar o problema que o aluno está resolvendo, conhecer o aluno, incentivar diferentes níveis de descrição, trabalhar os diferentes níveis de reflexão, facilitar a depuração, utilizar e incentivar as relações sociais, e servir como modelo de aprendiz." (Valente, 1996, p.13). Em sua obra, encontra-se uma coletânea de artigos sobre o professor

no ambiente Logo e, ainda, apresenta abordagens de diversos profissionais que participaram de um grupo de discussões sobre essa temática.

Desse modo, infere-se que, falar sobre o papel do professor em um ambiente no qual o computador está presente, isto é, no ambiente Logo, exige uma abordagem que considera que o desempenho do professor, uma função extremamente importante no processo ensino/aprendizagem. Tal função possibilita aos alunos inserirem-se em contextos de resolução de problemas, que é concebido como uma atividade de "design"[13]. Assim sendo, essas atividades de "design" relacionam-se com problemas do dia-a-dia dos alunos, problemas significativos, nos quais os alunos interagem com situações desafiantes, "dialogam" com os elementos do problema, e criam verdadeiras heurísticas. Nesse contexto, o sujeito não segue etapas pré-definidas, reformula constantemente suas estratégias, define e redefine seus procedimentos e reavalia seus objetivos, inserindo-se em uma busca e investigação por possíveis e prováveis soluções. Desse modo, o professor, como mediador desse processo, propicia aos alunos situações desafiantes e problemas intermediários, que os levem a enxergar o problema principal de diferentes perspectivas, possibilitando-lhes, dessa forma, depararem-se com aspectos mais familiares, os quais podem auxiliar na busca da solução do problema.

4.10) Utilizações Pedagógicas de Logo

Com o objetivo de oferecer aos pesquisadores em Educação Matemática situações que exploram a utilização do Logo, no processo ensino/aprendizagem, apresentam-se, a seguir, considerações sobre Ilusão de Ótica, Tecelagem ou Ladrilhamento, e Fractais.

4.10.1) Ilusão de Ótica

Trabalhando com a tartaruga bidimensional, constroem-se, na tela do computador figuras geométricas planas, entretanto, dependendo da interpretação dada pelo observador, figuras assim construídas podem representar objetos ou poliedros no espaço, ou darem a idéia de projeção, como nos mostram os exemplos apresentados a seguir:

Exemplo 1. Com o programa **quadrado**, constrói-se o quadrado apresentado na Figura 4.9. Usando **quadrado** como sub-procedimento, pode-se elaborar o programa **exemplo1**, com resultado apresentado na Figura 4.13.

```
ap exemplo1
quadrado
pd 90  pf 50
pe 45  pf 40  pe 135
quadrado
fim
```

[13] Sobre design, serão tecidas considerações no Capítulo 7, desta pesquisa.

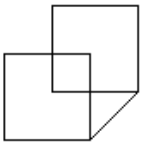


Figura 4.13 – Figura construída com o programa **exemplo1**

Observando a figura plana acima apresentada, pode-se interpretá-la como sendo o esboço de um cubo, no qual, às vezes, o quadrado da esquerda representa a face anterior e, noutras vezes, o mesmo quadrado representa a face posterior. No entanto, a análise dos procedimentos computacionais que geraram a figura acima mostra que há dois quadrados construídos em diferentes posições na tela.

Caberia, nesse momento, um questionamento: É possível, no ambiente do Logo Bidimensional, construir-se a representação de sólidos no espaço?

Para se responder essa pergunta, deve-se levar em conta alguns fatores como, por exemplo, a complexidade do objeto a ser representado, a habilidade do usuário em visualizar, de antemão, a projeção desse sólido, no plano desejado, e de estar preparado para representá-la na tela, com os recursos do Logo Bidimensional, segundo um rigor aceitável para quem for visualizá-la.

Assim sendo, se o problema consistir na representação de um cubo (que talvez seja um dos poliedros mais fácil de ser representado), se for utilizada a projeção isométrica, e se as faces anterior e posterior do cubo estiverem paralelas à tela, como que apoiadas em uma superfície horizontal, a Figura 4.13 poderá realmente ser o esboço da solução desejada. Ressalta-se, entretanto, que o usuário já deve conhecer, a priori, a solução geométrica e, nesse momento, o Logo representa tão somente uma ferramenta gráfica. Será que o mesmo usuário teria condições de representar, com os recursos do Logo Bidimensional, um sólido mais complexo?

Problemas, como o delineado acima, apresentam soluções mais simples e apropriadas no ambiente do Logo Tridimensional (como será visto e explorado nos capítulos seguintes), no qual a projeção cônica, que aproxima o usuário do mundo real, e a existência de comandos que introduzem conceitos de profundidade, fazem parte intrínseca desse ambiente.

Observa-se que existem diferenças na representação de construções de figuras no Logo Bidimensional e no Logo Tridimensional.

Uma das diferenças consiste no fato de que, quando o usuário for construir a representação de figuras espaciais com o Logo Bidimensional, deve, de antemão, saber qual será sua projeção no plano (isométrica ou cônica). Nesse sentido, a projeção na tela faz parte do processo da construção do usuário. Como será explorado mais adiante, no Logo Tridimensional, a projeção é intrínseca ao sistema, ou seja, no processo de construção, o usuário lança mão de comandos do micromundo Tridimensional que possui inerentes conceitos espaciais e conceitos sobre projeção cônica. Por outro lado, no Logo Bidimensional, o usuário recorre aos comandos da tartaruga bidimensional e às leis da perspectiva isométrica.

Exemplo 2. Com o programa **hexágono**, a seguir apresentado, constrói-se um hexágono:

```
ap hexágono
repita 6 [ pf 30  pd 60 ]
fim
```

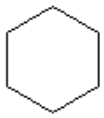


Figura 4.14 – Hexágono construído com o programa **hexágono**

Usando **hexágono** como sub-procedimento, pode-se elaborar o programa **exemplo2**, com resultado apresentado na Figura 4.15.

```
ap exemplo2
repita 6 [ hexágono  pd 60 ]
fim
```

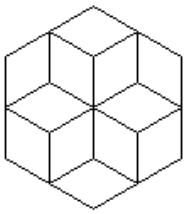


Figura 4.15 – Figura construída com o programa **exemplo2**

Observando a figura plana acima apresentada, é possível interpretá-la como sendo três cubos convenientemente dispostos no espaço, dos quais, às vezes, tem-se um cubo na posição superior e dois na posição inferior, e, noutras vezes, têm-se dois cubos na posição superior e um na posição inferior. No entanto, a análise dos procedimentos computacionais que geraram a figura acima mostra que estão representados seis hexágonos obtidos por rotação ao redor de um de seus vértices.

Exemplo 3. Com o programa **octógono**, apresentado, constrói-se um octógono:

```
ap octógono :lado
repita 8 [ pf :lado  pd 45 ]
fim
octógono 30
```

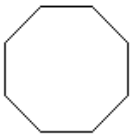


Figura 4.16 – Octógono construído com o programa **octógono**

Usando **octógono** como sub-procedimento pode-se elaborar o programa **exemplo3** a seguir, com resultado apresentado na Figura 4.17.

```
ap exemplo3 :lado
octógono :lado
se :lado > 50 [ pare ]
exemplo3 :lado + 3
fim

exemplo3 15
```



Figura 4.17 – Figura construída com o programa **exemplo3**

Observando a figura plana acima apresentada, é possível interpretá-la como sendo a representação de um túnel. No entanto, a análise dos procedimentos computacionais que geraram a figura acima mostra que estão representados treze octógonos com diferentes tamanhos de lados, com um vértice comum.

No exemplo acima foi introduzido o uso de recursão, uma das potencialidades e recursos do Logo.

Exemplo 4. Com o programa **placa**, a seguir apresentado, constrói-se uma placa similar a uma das placas de sinalização encontradas nas vias urbanas e estradas.

```
ap placa :lado
pf :lado * 3
pe 45
repita 4 [ pf :lado pd 90 ]
pd 45
pt :lado * 3
fim

placa 22.5
```



Figura 4.18 – Placa construída com o programa **placa**

Com a utilização do programa **placa**, seguido do programa **desloca**, abaixo apresentado, é possível construir placas de diferentes tamanhos em diferentes posições na tela, como:

```
ap desloca :lado
un  pd 120
pf :lado *4
pe 120  ul
fim

ap exemplo4
placa 10  desloca 10
placa 15  desloca 15
placa 22.5  desloca 22.5
placa 33.75  desloca 33.75
placa 50.63
fim
```

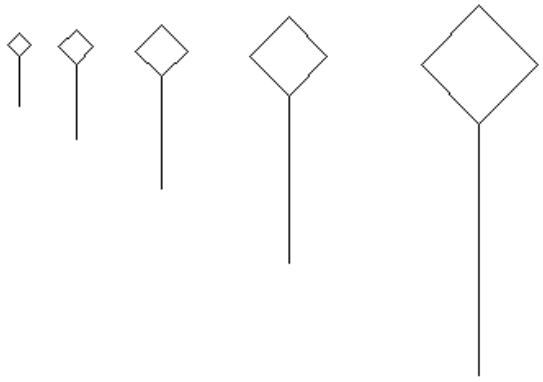


Figura 4.19 – Figura construída com o programa **exemplo4**

Observando a figura plana acima é possível interpretá-la como sendo a vista, em perspectiva, de cinco idênticas placas uniformemente distribuídas ao longo de uma reta. Analisando os procedimentos computacionais que geraram a figura acima, conclui-se tratar de cinco placas de diferentes tamanhos construídas em diferentes posições na tela do computador.

Exemplo 5. Com os programas **ramo1** e **ramo2**, abaixo apresentados constrói-se o que poderá ser ramos de uma figura mais complexa.

```
ap ramo1
pf 20  pd 45
pf 20  pt 40  pf 20
pe 45
fim
```



Figura 4.20 – Ramo construído com o programa **ramo1**

```
ap ramo2
pf 20  pe 45
pf 20  pt 40  pf 20
pd 45
fim
```



Figura 4.21 – Ramo construído com o programa **ramo2**

Com **ramo1** e **ramo2**, tem-se a possibilidade de elaborar o programa **exemplo5**, com resultado mostrado na Figura 4.22.

```
ap exemplo5
pd 45
repita 10 [ ramo1 ]
pt 200
un  pd 90  pf 50  pe 90  ul
repita 10 [ ramo2 ]
fim
```

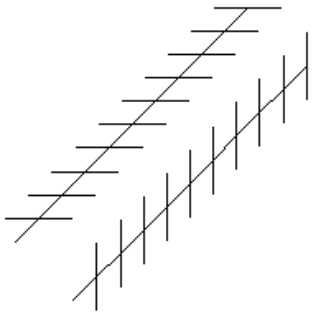


Figura 4.22 – Figura construída com o programa **exemplo5**

Observando a figura acima tem-se a ilusão de que as linhas principais parecem divergir. Analisando os procedimentos computacionais que geraram a figura, conclui-se que as retas são paralelas.

4.10.1.1) Considerações sobre a Definição de um Objeto no Ambiente Logo

Pode-se observar, pelos vários exemplos dispostos acima (Figuras 4.13 a 4.22), que a definição de um objeto se dá através da definição do procedimento computacional que gerou esse objeto.

Sabe-se que no ambiente Logo Tridimensional não é a imagem produzida na tela que define o objeto, mas sim os procedimentos computacionais relacionados à representação da forma do objeto. Em Baranauskas e Miskulin (1994), foram abordadas considerações sobre a imagem de um objeto, reproduzido na Figura 4.23, e questionou-se: Que objeto essa imagem

representa? Um cubo sólido? Três planos ortogonais com a origem em direção ao fundo do papel? Três planos ortogonais com a origem em direção ao olho do observador?

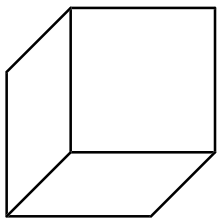


Figura 4.23 – Representação de um objeto

Conclui-se que somente com a imagem obtida não há informação suficiente para definir o objeto. Poderia ser qualquer uma das três proposições elaborada acima, ou outra. O procedimento computacional que gerou tal representação é que define o objeto representado, pois contém a descrição espacial do objeto.

4.10.2) Tecelagem ou Ladrilhamento e Logo

4.10.2.1) Reflexões Teóricas sobre Tecelagem ou Ladrilhamento (Tessellation)

Ladrilhamento, ou "tessellation" em inglês, constitui parte do legado artístico de muitas civilizações antigas. O termo "tessellation" origina-se da palavra latina "tessellae", a qual designava o nome de pequenas peças de madeira, de pedra, ou de osso, usadas na confecção de mosaicos. Em Matemática, o termo "tessellation" significa ladrilhar um plano com formas geométricas, obedecendo determinadas condições.

Na nossa sociedade moderna, "tessellation" está associada à ornamentação. Em algumas aplicações, como em pisos ou em tapetes, são funcionais. Em outras, como em desenhos de Escher, existem simplesmente para serem admiradas.

Estudar "tessellation" fornece oportunidades de explorações e descobertas de relações geométricas de forma criativa, fato que justifica sua utilização em sala de aula de Matemática e de Artes.

A solução de uma determinada situação-problema, envolvendo tecelagem, implica na definição de estratégias, no conhecimento de propriedades geométricas e de fórmulas matemáticas. Trata-se de um ambiente rico para a exploração de conceitos de simetria e de transformações geométricas.

Atualmente, vários programas computacionais que permitem desenhar com velocidade e precisão estão disponíveis. Com essa nova tecnologia, é possível criarem-se, em minutos, desenhos complexos que exigiriam horas ou dias de trabalhos.

Atividades com tecelagem são fundamentais no ensino da Geometria, pois retratam situações reais do cotidiano do sujeito, situações essas que são evidenciadas através de diferentes modos de visualizar uma pavimentação, um ladrilhamento. Na Geometria dos Mosaicos encontrada em artesanatos primitivos e contemporâneos, ressaltam-se os trabalhos artísticos de Maurits Cornelis Escher (1898-1972), reconhecido mundialmente e admirado

pela notável combinação de sensibilidade, precisão técnica e conhecimento matemático que seus trabalhos expressam.

Encontram-se, na literatura especializada sobre Escher, considerações a respeito da Matemática, que segundo suas próprias palavras, essa ciência expressa-se como um "portão aberto, portão do qual partem muitos caminhos que se ramificam por um jardim; quando se pensava já ter percorrido todos eles, e retratado todas as vistas desse jardim, acabava-se encontrando um novo caminho, que permitia outras descobertas".

Escher utilizava a Matemática como uma ferramenta que lhe ampliava a percepção e enriquecia seu trabalho gráfico, resultando, desse modo, em uma obra primorosa.

Nos exemplos abaixo apresentados, explora-se a capacidade gráfica e as potencialidades do ambiente computacional Logo para o ladrilhamento a partir de uma mesma célula (hexágono).

Reproduzem-se, dessa forma, na tela do computador, formas que podem ser obtidas com a utilização de materiais normalmente utilizados para ladrilhamento, quais sejam: cartolina, papel marcado com pontos, tesoura, régua e compasso.

4.10.2.2) Atividades com Tecelagem ou Ladrilhamento (Tessellation)

- **Atividade 1 – Construção do Ladrilho 1**

```
ap ladrilho1
malha un pc pd 60 pt 30 pe 60 ul
mudecl 4 malha
mudecl 0
fim

ap hexágono
repita 6 [pf 30 pd 60]
fim

ap linha
repita 8 [hexágono un pd 120 pf 30 pe 60 pf 30 pe 60 ul]
fim

ap posição2
un pe 120
repita 7 [pf 30 pd 60 pf 30 pe 60] pf 30
pe 60 pf 30 pd 180 ul
fim

ap posição1
un pe 120
repita 8 [pf 30 pd 60 pf 30 pe 60] pf 30
pe 60 pf 30 pd 180 ul
fim
```

```
ap malha
repita 4 [linha posição2 linha posição1]
fim
```

- **Atividade 2 – Construção do Ladrilho 2**

```
ap ladrilho2
malha un pc pd 60 pf 10 pe 60 ul
mudecl 4 malha
mudecl 0
fim
```

- **Atividade 3 – Construção do Mosaico**

```
ap mosaico
malha un pc pd 60 pt 30 pe 60 ul malha
pintarmosaico
fim

ap pintarmosaico
un pc pt 300 pd 60 pf 30 pe 60
repita 3 [pf 180 pintarcoluna]
fim

ap pintarcoluna
repita 2 [pd 60 pf 60 pe 60 pf 60 pintarhexágono pt 180 pintarhexágono]
fim

ap pintarhexágono
un mudecp 4 pintarlosango pe 60 mudecp 8 pintarlosango
fim

ap pintarlosango
un pd 30 pf 30 pinte pt 60 pinte pf 30 pd 90
pf 45 pinte pt 90 pinte pf 45 mudedç 0
fim
```

Apresenta-se, na Figura 4.24 a seguir, uma tecelagem realizada com Logo.

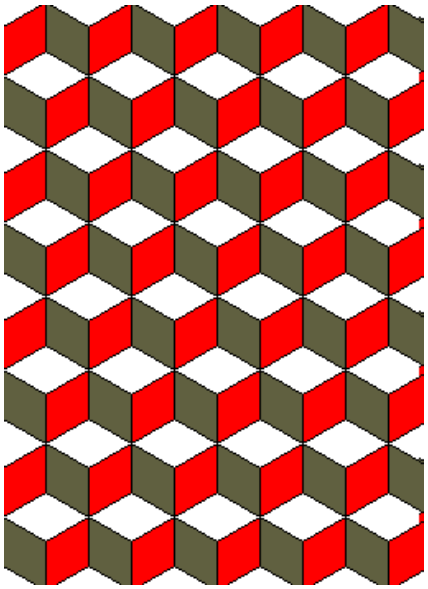


Figura 4.24 – Tecelagem no ambiente Logo

4.10.3) Fractais e Logo

Sabe-se que, com Logo, pode-se explorar conceitos relacionados a diversas abordagens da Geometria. Em Miskulin (1994a) abordou-se a inter-relação da Geometria da tartaruga com a Geometria Intuitiva, Euclidiana, Analítica e a Geometria das Transformações. Existem, na literatura sobre Logo, publicações e pesquisas que tratam da Geometria dos Fractais[14] e Logo. Apresenta-se, a seguir, um exemplo de fractais trabalhado no ambiente Logo. Elegeu-se representar curvas identificadas como "snowflakes" (flocos de neve), pertencentes à família de curvas de Koch[15], as quais foram estudadas em Mandelbrot (1983, p.34-57).

O programa **floco :comprimento :nível**, mostrado a seguir, foi adaptado do programa **snowflake** apresentado em Abelson et al. (1981, p.91), para o ambiente do *SLogoW*. No programa **floco**, **comprimento** representa o comprimento dos lados do triângulo que são fragmentados pelo processo recursivo do programa; **nível** representa o número de fragmentações.

```
ap floco :comprimento :nível
repita 3 [lado :comprimento :nível pd 120]
fim
```

[14] Geometria dos Fractais foi criada pelo matemático Benoit B. Mandelbrot, para representar muitas das formas irregulares e fragmentadas encontradas na natureza. Mandelbrot idenficou cada família dessas curvas de **fractais** (Mandelbrot, 1983, p.1).

[15] As curvas "snowflakes" constituem-se em fractais geométricos. Foram inicialmente utilizadas por Helge von Koch in 1904, em seus estudo de curvas com comprimentos (perímetros) infinitos contendo uma área finita. São também chamadas de curvas de Koch (Pappas, 1996, p.169).

```
ap lado :comprimento :nível
se :nível = 1 [pf :comprimento pare]
lado :comprimento / 3 :nível - 1
pe 60 lado :comprimento / 3 :nível – 1 pd 120
lado :comprimento / 3 :nível - 1
pe 60
lado :comprimento / 3 :nível - 1
fim
```

Apresentam-se a seguir algumas curvas obtidas com o programa **floco**.

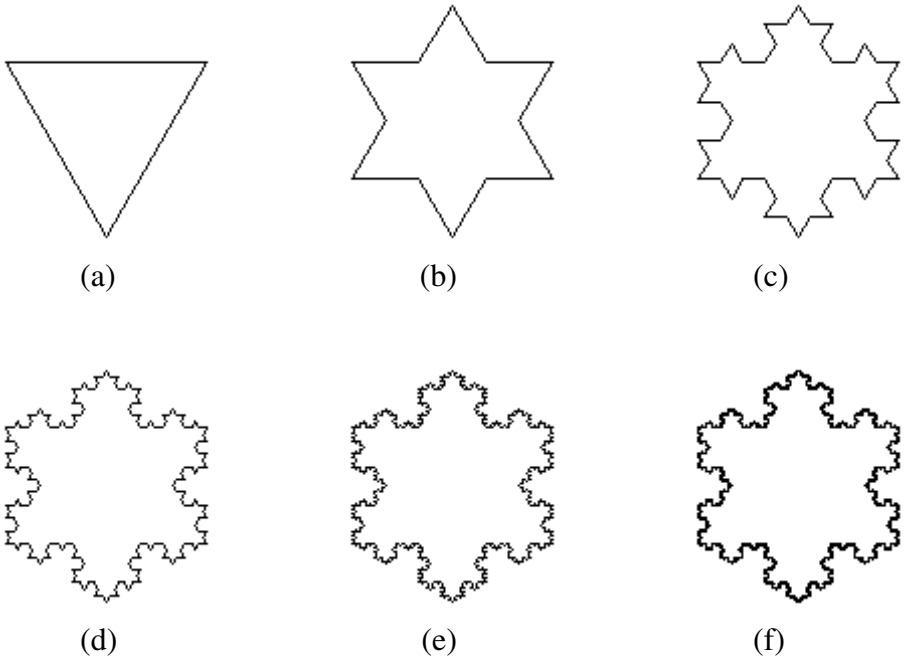


Figura 4.25 – Curvas "snowflakes" construídas no ambiente Logo, cujo comprimento do lado é igual a 100
(a) snowflake nível 1
(b) snowflake nível 2
(c) snowflake nível 3
(d) snowflake nível 4
(e) snowflake nível 5
(f) snowflake nível 6

4.10.4) Pesquisas na Internet sobre Aplicações de Logo na Sala de Aula

Pesquisas na Internet mostram as potencialidades pedagógicas de se utilizar Logo na sala de aula, no desenvolvimento de conceitos em diversas áreas do conhecimento. Com o objetivo de ilustrar essas concepções, recorre-se ao "site" http://el.www.media.mit.edu/groups/logo-foundation/papers.html.

Neste "site" a Logo Foundation mantém uma coleção de artigos incluindo relatórios de professores relacionados com projetos desenvolvidos no ambiente Logo, em sala de aula. Ressalta-se que nesses projetos são explorados conceitos de: Probabilidade, Estatística, Geometria, Escala e Proporcionalidade, Variáveis e Álgebra, entre outros. Além disso, são desenvolvidos outros projetos mostrando a integração de conceitos de Matemática, Artes e

Biologia, e, ainda, simulações em Ecologia. Apresentam-se abaixo, alguns exemplos extraídos deste "site".

4.10.4.1) African Textiles or The Weaving Turtle

Documento preparado em 1993, por Orlando Mihich, o qual refere-se a um projeto desenvolvido por alunos da Joan of Arc Junior High School, New York. Nesse projeto os alunos utilizaram Logo como um meio de expressão no contexto de um estudo de tecelagem africana, no qual integraram Matemática, Artes e Estudos Sociais. Esse documento inclui reproduções de vários "designs" de tecelagens, alguns em cores, e uma descrição detalhada dos programas em Logo, utilizados em sua criação. Apresentam-se, a seguir, alguns desses "designs".

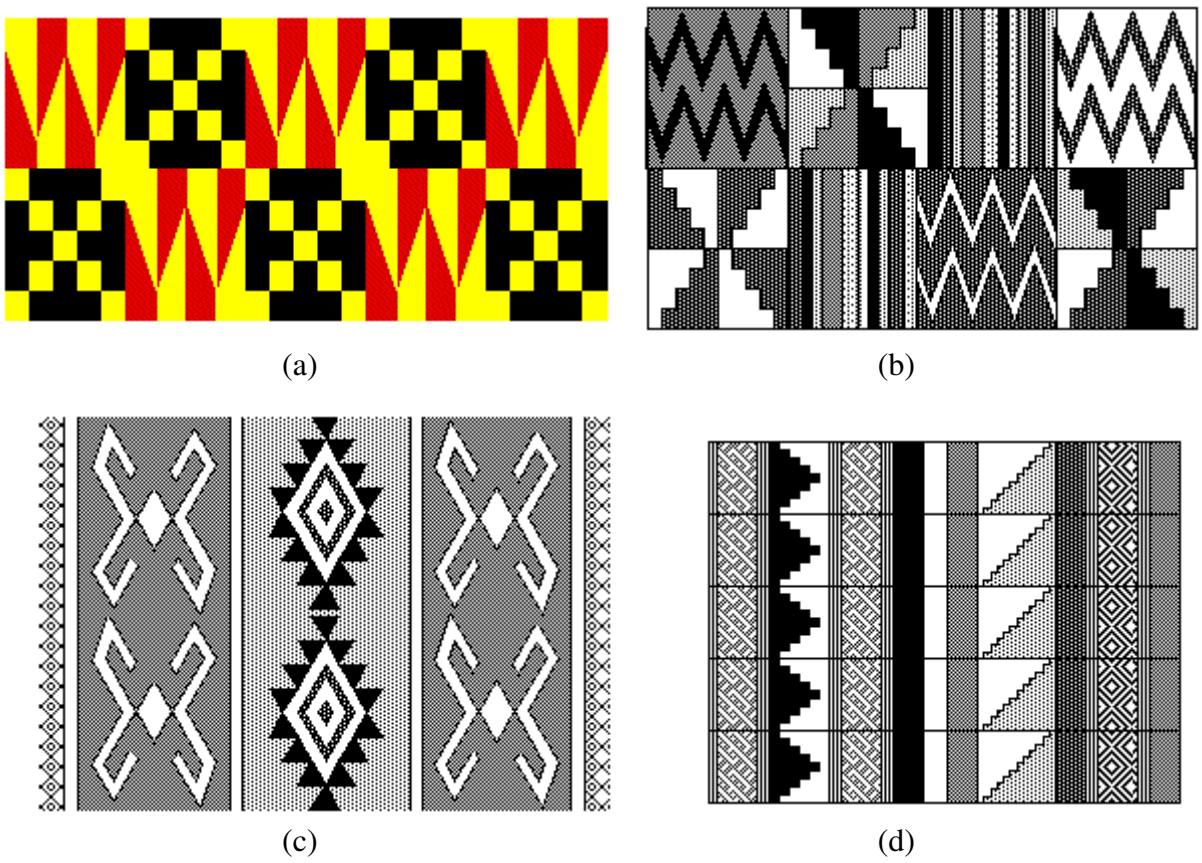


Figura 4.26 – Tecelagens africanas representadas com Logo
(a) Ghana por Michael Hailstock
(b) Ghana por Michael Hailstock
(c) Nigéria por Michael Toribio
(d) Serra Leone por Michael Hailstock
Fonte – Mihich (1993)

4.10.4.2) Cityscapes

Documento preparado em 1993, por Laura J. Allen, o qual mostra como um professor pode desenvolver um projeto em Logo, relacionado com experiências dos estudantes. Alguns alunos da 6ª série da The Buckley School, New York, desenvolveram um projeto relacionado

com panoramas e vistas ao redor da cidade de New York. Nesse projeto, cada aluno elaborou um esquema que representava um prédio, com lápis e papel, e, posteriormente, transpuseram esse esquema para o ambiente Logo. Em uma segunda fase do projeto, os prédios individuais foram integrados em projetos maiores, os quais representavam o "design" final das vistas e panoramas da cidade. Um aspecto importante que emergiu nessas integrações, consistiu na necessidade de adaptar os tamanhos dos diversos prédios nas composições das vistas finais. Tal aspecto refere-se à conceitos matemáticos de escala e proporcionalidade, e foram abordados com a utilização de variáveis nos programas. Apresentam-se, a seguir, alguns resultados desse projeto.

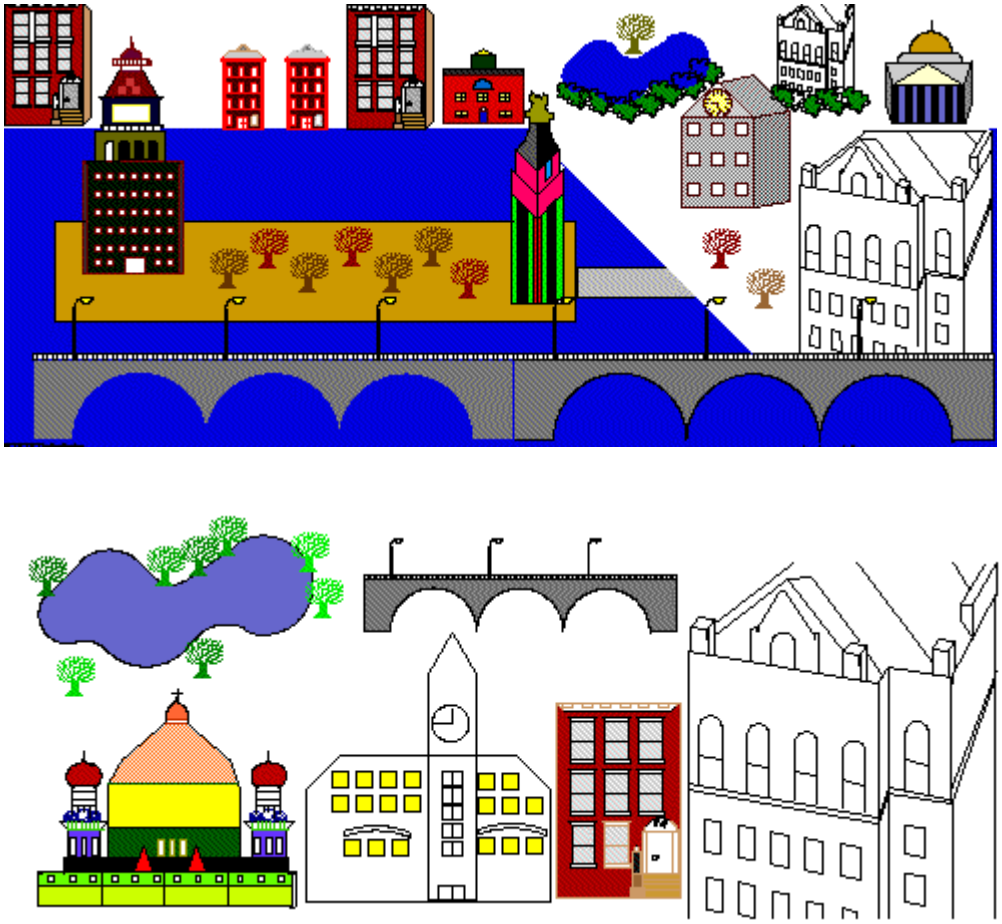


Figura 4.27 – Prédios de New York representados com Logo
Fonte – Allen (1993)

4.10.4.3) From Polygons to Function to Orbits to Fractals: A Year of Logo Work With a Mathematically Gifted Student

Documento preparado em 1993, por Eadie Adamsan, que trabalhou um ano com um aluno, "bem dotado" matematicamente, de 4ª série em substituição a suas aulas regulares de Matemática. Foram trabalhados conceitos de Geometria; Coordenadas Cartesianas; Funções; Fractais. Exploraram-se exemplos de tecelagens, de órbitas (rotação e translação de corpos), entre outros. Esse documento descreve o desempenho do aluno durante o projeto. Apresentam-se, a seguir, alguns dos resultados desse projeto.

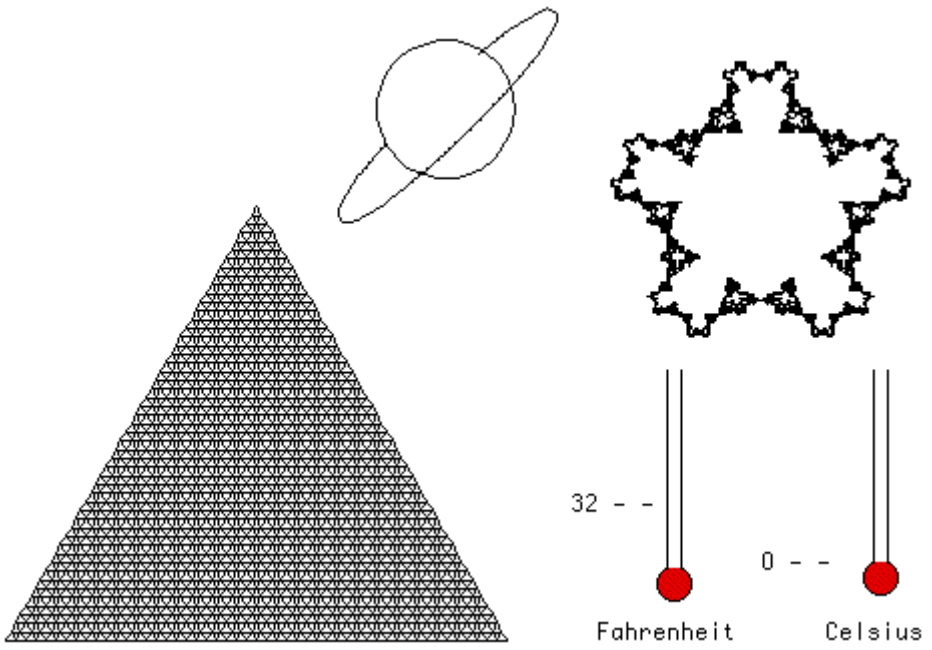


Figura 4.28 – Polígono, Órbita, Funções e Fractais representadas com Logo
Fonte – Adamson (1993)

4.11) Criação de Animação no SlogoW

Quando se trabalha no processo ensino/aprendizagem, em ambientes computacionais, a criação de animação consiste em um recurso extremamente útil. Dessa forma, com os recursos oferecidos pelo ambiente Logo, é possível se criar, na tela do computador, em tempo real, o efeito de animação, quando o objeto a ser animado for relativamente simples. Uma estratégia possível consiste em desenhar o objeto na tela, apagá-lo, e desenhá-lo em uma nova posição. Esse procedimento seqüencial, realizado de maneira continuada, resulta para o observador em uma sensação de movimento do objeto. Uma limitação da utilização desta técnica reside no fato de ela não ser portátil[16], ou seja, uma vez que o *SlogoW* não é um ambiente "standalone", para reproduzir a animação em um diferente computador, é necessário que nesse computador esteja instalado o Logo, na versão em que o programa que cria a animação foi gerado.

A solução de animação AVI oferece a vantagem de um maior grau de portabilidade. Utilizando-se um software que constrói AVI, é possível montar um "video clip", que pode ser executado em qualquer computador que possua recursos de multimídia, como por exemplo, os recursos presentes no ambiente do Windows95, não mais necessitando-se do ambiente Logo.

Na presente aplicação, será utilizado o software comercial *AVI Constructor*.

Na elaboração de um "video clip", no ambiente Logo, podem-se, por exemplo, atingir os seguintes objetivos:

[16] Portátil está sendo tomado, neste momento, como sendo a propriedade pela qual a animação pode ser executada em qualquer computador.

- Ilustrar resultados de simulações de processos ou de situações de interesse didático, ou enfatizar aspectos com características dinâmicas;

- Registrar resultados intermediários durante o processo de criação ou depuração de programas computacionais;

- Estimular os alunos em seus trabalhos, permitindo que eles mostrem suas produções a seus amigos, pais ou outros parentes.

Para a criação do "video clip", geram-se no ambiente Logo as imagens que irão fazer parte da animação, e, com ferramentas existentes no software de criação (do *AVI Constructor*, por exemplo) capturam-se essas imagens, transformando-as nos quadros do "video clip". A montagem final do video clip fica por conta de ferramentas do software utilizado.

Utilizando-se desta técnica, cria-se uma animação que mostra a evolução das curvas "snowflakes", para diferentes níveis. Assim, o fractal snowflake, com nível 1, passou a constituir o primeiro quadro da animação snow.anima, o fractal snowflake, com nível 2, passou a constituir o segundo quadro, e assim por diante. Um duplo "clique"[17] sobre o nome da animação resultará em sua execução na tela do computador.

Surge, neste momento, uma boa justificativa a favor da utilização de animação, qual seja, as curvas "snowflakes", criadas por Koch e empregadas neste exemplo, podem ser mais facilmente entendidas pelos alunos, quando se utiliza animação para mostrar as sucessivas etapas de recursão.

As imagens "snowflakes", que constituem os quadros da animação, podem ser geradas e salvas no formato bitmap do *SlogoW*, pelo procedimento mostrado a seguir, o qual foi adaptado de Neuwirth (1998).

```
ap salvarfloco :númerodefractais
repita :númerodefractais [tat pe 30 floco 100 contevezes ~
                                salvebitmap (palavra "snow contevezes ".bmp)]
fim
```

A fim de se restringir os tamanhos dos arquivos contendo as figuras salvas, reduziu-se o tamanho da área ativa[18] para os seguintes valores:

$x_{mínimo} = -60$ $x_{máximo} = 60$
$y_{mínimo} = -10$ $y_{máximo} = 130$

Ressalta-se que animações no formato bitmap, como acima construída, se convertidas para o formato gif[19], podem ser implementadas em páginas Web.

---

[17] "Clique" significa selecionar com o ponteiro do "mouse" um determinado item na tela e pressionar o botão do "mouse" especificado.

[18] Área ativa é a parte da área de trabalho que se deseja salvar. A proposta dessa opção está relacionada com desempenho, em termos de espaço do disco. Somente será salva a imagem contida na área ativa, em conseqüência será utilizado menos espaço em disco.

4.12) Cores no SLogoW

As distintas versões de Logo permitem que sejam mudadas as cores utilizadas como fundo para a área de trabalho, no preenchimento de figuras, e para o rastro da tartaruga (cor do lápis). Dependendo da versão utilizada, um número maior ou menor de cores estarão disponíveis para escolha, por parte dos usuários.

No *SlogoW*, a seleção pode ser feita entre mais de dezesseis milhões e setecentas mil cores e tonalidades possíveis, decorrentes da combinação de 256 diferentes tonalidades das cores vermelho, verde e azul. Considerando que a possibilidade de reconhecimento de variação de cor, pelo olho humano, pouco passa de duas mil matizes e tonalidades (ver Fernandes, 1998), esse número é extremamente exagerado, nas aplicações do *SlogoW*, para a exploração geométrica. Outro fato que mostra não ser necessária tão imensa possibilidade de cores, está na qualidade da impressão a cores, obtidas com as impressoras comumente utilizadas, a maioria delas a base de jato de tinta. É notória a diferença, em termos de qualidade de cores, entre imagens apresentadas em uma tela de monitor colorido, e a imagem obtida pelo processo de impressão.

Sendo dispensável trabalhar com tal universo de cores, é possível definir-se, a priori, um número menor delas, as quais podem ser referenciadas por um nome ou um número, e passar-se a utilizá-las nas aplicações desejadas.

Mostram-se, a seguir, exemplos de procedimentos para se criarem cores no *SlogoW*.

```
ap vermelho
envie [ 255 000 000 ]
fim

ap rosa
envie [ 255 200 255 ]
fim
```

No *SlogoW* já existem dezesseis cores pré-definidas, que são referenciadas por números. Esses números devem ser usados nas aplicações em que o usuário não tenha definido suas cores preferidas.

Em uma busca, na literatura, sobre Logo, não foram encontradas aplicações que utilizem essa capacidade do *SlogoW*, em termos de cores, entretanto, possíveis aplicações da composição de cores através das definições das tonalidades das cores vermelho, verde e azul, podem ser exploradas na área de Artes com Logo.

Uma vez que, na nova versão do *SlogoW*, é possível carregar, para a área de trabalho, imagens no formato bitmap (.bmp), compatível com o Windows95, esse ambiente pode fornecer ao usuário informações, por exemplo, sobre o tamanho de uma imagem e as definições das cores nela presentes, em termos das tonalidades das três cores fundamentais (vermelho, verde e azul). A primeira informação pode ser obtida, "medindo-se" as dimensões da imagem em análise, através dos comandos de deslocamento (**parafrente** e **paratrás**) e de

---

[19] Gif – Graphics Interchange Format – é um tipo de arquivo gráfico encontrado na Web.

giros da tartaruga no plano da tela (**paradireita** e **paraesquerda**). A segunda informação pode ser obtida através do comando **pixel**. A aplicação deste comando trás, como resposta, uma lista com três elementos, representando as intensidades das cores vermelho, verde e azul, utilizadas na definição da cor, na posição correspondente ao pixel da tela em que se encontra a tartaruga.

Esta informação sobre composições de cores pode ser de interesse do usuário na reprodução de qualquer cor, ou tonalidade de cor, de uma particular posição da imagem presente na área de trabalho do *SlogoW*, ou pode ser transportada para outro ambiente computacional que trabalhe com composição de cores, numa possível integração deste último ambiente, com o ambiente Logo.

Para ilustrar esse procedimento, apresenta-se a seguir a reprodução da tela do *SLogoW*, na qual se carregou uma imagem no formato bitmap, digitalizada com a utilização de scanner.



Figura 4.29 – Imagem padrão bitmap carregada para a área de trabalho do *SLogoW*

Mantendo-se fixa a direção da tartaruga mostrada na figura acima, e deslocando-a para dentro da área da figura, em sucessivos passos com comprimentos pré-definidos, de forma que ela percorra a foto ao longo de uma reta indicada, a aplicação dos comandos **mostre pixel**, cada vez que a tartaruga se desloca segundo o passo definido, retorna uma lista com três números que representam as intensidades das cores vermelho, verde e azul do pixel corrente sob a tartaruga, ao longo do seu percurso.

4.13) Comentários Conclusivos

Na descrição dos pressupostos teórico-metodológicos da linguagem computacional Logo – Geometria da Tartaruga, foram abordadas considerações que elucidam as

potencialidades didático-cognitivas desse ambiente, no processo de exploração e de construção de conceitos matemáticos. Além disso, foram enfatizadas abordagens diversas de teóricos e de educadores que trabalham com esse ambiente computacional, com o objetivo de elucidar os elementos e os fatores importantes na construção do conhecimento, em contextos práticos de resolução de problemas.

Com os pressupostos acima delineados, elucidando as potencialidades do Logo, na exploração e na construção de conceitos geométricos no plano, uma questão que se apresenta, nesse momento, como pesquisadores e educadores em Educação Matemática, traduz-se por: Como representar e construir objetos em três dimensões com o Logo? Em outras palavras, é possível trabalhar com a terceira dimensão no ambiente Logo?

Objetivando delinear respostas à questão, acima comentada, abordam-se, no capítulo seguinte, desta pesquisa, considerações sobre o ambiente da tartaruga tridimensional.

CAPÍTULO 5

FUNDAMENTOS TEÓRICOS SOBRE O LOGO TRIDIMENSIONAL

> *"... para o próprio matemático, a intuição já é bem mais do que um sistema de percepções ou de imagem: é a inteligência elementar do espaço, em um nível não formalizado. Mas reaparece, então, o problema genético de onde vem que essa inteligência pode se instalar no real tão diretamente que parece a cópia perceptiva ou figurada dele, e após libertar-se tão perfeitamente que parece opor-lhe as construções dedutivas mais autônomas e mais próprias do sujeito? ... a intuição do espaço não é mais uma leitura das representações dos objetos, mas, antes, desde o início, uma ação exercida sobre eles, e é porque essa ação enriquece a realidade física, ao invés de extrair dela, sem mais, estruturas completamente formadas, que ela consegue ultrapassá-la, gradualmente, até construir esquemas operativos suscetíveis de serem formalizados e de funcionarem dedutivamente, por si mesmos" (Piaget e Inhelder, 1993, p.169).*

Com a disponibilidade do Super Logo Para Windows – *SLogoW*, oferecida pelo Núcleo de Informática Aplicada à Educação – NIED, UNICAMP, no final de 1995, os usuários de computadores pessoais compatíveis com IBM passaram a ter acesso a uma poderosa versão do Logo, em português. Assim sendo, além da possibilidade de se trabalhar com o Logo Geométrico[1] no ambiente bidimensional, possibilidade comum a outras versões do Logo existentes no mercado, uma nova e poderosa possibilidade se apresenta, qual seja, trabalhar conceitos geométricos no ambiente tridimensional, aproximando assim o usuário do mundo real.

Ressalta-se que este ambiente não é muito conhecido entre os usuários que trabalham com Logo e que, na literatura sobre o assunto, foram encontrados poucos trabalhos publicados que possibilitam a exploração do espaço com Logo Tridimensional, quais sejam: Abelson et al. (1981), Reggini (1985) e Loethe (1992).

Para tanto, serão resgatados os fundamentos matemáticos subjacentes ao desenvolvimento do Logo Tridimensional e serão apresentados conceitos e comandos a ele associados. Além disso, serão apresentadas algumas aplicações utilizando o ambiente Logo explorando conceitos sobre a Geometria Plana e Espacial, com o objetivo de elucidar o leitor a respeito das possibilidades do Logo no contexto geométrico e, dessa forma, fornecer subsídios teórico-metodológicos para que os pesquisadores desta área repensem suas teorias

[1] Logo Geométrico é um subconjunto da linguagem de programação Logo, cuja idéia principal é a de um objeto (tartaruga) que pode mover-se em um plano, representado, por exemplo, pela tela do monitor. Os movimentos possíveis para esse objeto são o de deslocamento – para frente e para trás – e o de giro – para a direita e para a esquerda – sobre uma superfície plana. Dessa maneira, os movimentos desse objeto, sob comando de um usuário, podem definir figuras geométricas. Logo Geométrico foi apresentado por Seymour Papert em 1980, em sua obra *Mindstorms: Children, Computers and Powerful Ideas*.

de trabalho e métodos de ensino, adequando-os às necessidades cada vez maiores de integrar as novas tecnologias no processo ensino/aprendizagem da Matemática.

5.1) O Que é Logo Tridimensional?

Em 1981, Harold Abelson e Andrea A. diSessa, na obra *Turtle Geometry: The Computer as a Medium for Exploring Mathematics*, contextualizaram a Geometria da Tartaruga relacionando-a com a Geometria Euclidiana, com a Geometria Analítica, com a Geometria Topológica e com a Geometria Diferencial, mostrando inclusive que Logo não é uma linguagem voltada tão somente para crianças. Utilizando-se de vetores como uma forma de representação de fenômenos geométricos, mostram como é possível a tartaruga mover-se longitudinalmente no espaço, como se obtém o efeito da rotação da tartaruga ao redor de eixos pertencentes a um sistema de três eixos ortogonais a ela associado, e como é possível representar-se na tela plana do computador os resultados dos movimentos da tartaruga tridimensional, definindo assim conceitos e apresentando procedimentos para a definição de novas primitivas que levam ao estabelecimento de um novo micromundo da tartaruga, no qual é possível a descrição de objetos no espaço.

A implementação das novas primitivas pode ser obtida a partir de qualquer versão de Logo disponível. Basta que seja utilizada a fundamentação matemática apresentada em Abelson et al. (1981), juntamente com as primitivas inerentes ao sistema computacional Logo utilizado. Nesse contexto, comandos do Logo Tridimensional são definidos a partir dos comandos conhecidos do Logo Bidimensional. Pode-se dizer, então, que o Logo Tridimensional é uma extensão do Logo Geométrico. Com a definição de novos comandos é possível ao usuário personalizar o ambiente do Logo Tridimensional com o qual trabalha.

Personalizar tal ambiente eqüivale a trabalhar com o paradigma procedural implícito na Linguagem Computacional Logo, que significa propiciar ao usuário meios relativamente simples para criar novos procedimentos em Logo, adequando o ambiente às suas próprias necessidades e peculiaridades. Tal paradigma apresenta-se explicitado no Capítulo 4 desta tese.

Ressalta-se que o primeiro ambiente de Logo Tridimensional com o qual esta pesquisadora teve contato, foi a versão definida por Horácio Reggini, e apresentada em 1985 em sua obra *Ideas e Formas: Explorando el Espacio con Logo*, a qual possibilitou o desenvolvimento dos estudos apresentados em (Miskulin, 1994a), fornecendo conhecimentos teóricos, os quais propiciaram participação no desenvolvimento do projeto *SLogoW*, mais especificamente, no ambiente tridimensional.

5.2) Considerações Gerais

Como uma extensão do Logo Geométrico, a mesma metáfora de "ensinar algo à tartaruga" é utilizada como modelo de "programar" usando Logo Tridimensional. Os comandos implementados permitem comandar a tartaruga no espaço, no qual o conhecimento do próprio espaço, a construção e a representação de figuras espaciais fazem parte de um processo natural e "ego-sintônico"[2]. Assim sendo, é possível representar-se os

[2] A expressão ego-sintônica é usada por Freud. É um "termo usado para descrever instintos ou idéias que sejam aceitáveis ao **ego**, isto é, compatíveis com a integridade do **ego** e com suas necessidades." (Papert, 1985, p.87).

desenhos dos objetos tridimensionais na tela do computador, de uma maneira simples. A representação das imagens tridimensionais no plano da tela processa-se através da perspectiva cônica[3] ou central, ficando a cargo do próprio sistema Logo todas as transformações matemáticas envolvidas nesse processo. Assim sendo, esta forma de representação, através da projeção cônica é intrínseca ao Logo Tridimensional, através da arquitetura matemática inerente às primitivas criadas a partir do trabalho de Harold Abelson e Andrea A. diSessa apresentado em Abelson et al. (1981).

Uma das idéias que serve como ponto de partida para a realização de desenhos com a tartaruga refere-se ao uso do corpo – sintonicidade corporal – para refletir os movimentos da tartaruga na descrição e representação do objeto real. Essa idéia torna o processo mais significativo e educativo, uma vez que, para descrever qualquer objeto, agora pensa-se e reflete-se sobre os movimentos da tartaruga no espaço, apoiados no conhecimento corporal.

Nesse sentido, desloca-se em sintonia com a tartaruga e toma-se conhecimento dos próprios deslocamentos realizados no espaço. Desse modo, para a realização da representação de um objeto espacial, não é necessário o conhecimento prévio das leis matemáticas que o explicitam, mas somente dos movimentos que devem ser feito para descrevê-lo. Esse aspecto é um dos pontos iniciais para o desenvolvimento de conexões com a Geometria formal, pois o usuário ao mentalizar os movimentos que a tartaruga deve realizar para descrever um determinado objeto, no espaço, conscientiza-se com os conceitos matemáticos, como translação e rotação, entre outros. De acordo com Miskulin (1994a) essa conexão pode ser explicitada segundo o estudo das Abstrações da teoria piagetiana, como se segue:

Ao se deslocar no espaço, coloca-se no lugar da tartaruga e, pouco a pouco, toma-se "conhecimento" dos próprios deslocamentos. Esse conhecimento é conseqüência de abstrações empíricas. À medida em que se passa a refletir sobre as coordenações das ações realizadas durante os deslocamentos, esse conhecimento deixa de ser empírico e passa a ser pseudo-empírico (uma modalidade da abstração reflexiva), ou seja, um conhecimento que se dá a partir da coordenação das ações do sujeito enquanto realiza seus movimentos. Em uma análise mais complexa, ao se explicitar os processos cognitivos que geraram esses movimentos, passa-se para o das Abstrações Refletidas.

Conforme Baranauskas e Miskulin (1994), ao abordarem o contexto da tartaruga tridimensional, ressaltam que dois novos componentes tornam-se subjacentes ao micromundo do Logo Tridimensional, quais sejam: a utilização do espaço em lugar do plano, no qual as ações da tartaruga ocorrem e a projeção no plano dos resultados das ações da tartaruga.

Esses dois componentes, ao mesmo tempo em que aproximam o usuário do " real", pela descrição dos objetos através de sua forma concreta, colocam-no em um sistema de representação em duas dimensões dos objetos pela utilização de um plano representado pela tela do monitor, como saída. Esse processo envolve reestruturações mentais e computacionais cada vez mais complexas, relacionadas à visualização, à interpretação e à descrição da representação da imagem resultante, necessárias à "mentalização" do objeto representado no plano.

---

[3] Perspectiva ou projeção cônica é aquela em que as linhas paralelas do objeto convergem para um mesmo ponto (Ponto de Fuga).

Ressalta-se que o conceito de sintonicidade corporal foi abordado e explicitado em Miskulin (1994a, p.88 e 227-229).

5.3) Comandos Básicos e seus respectivos Fundamentos Matemáticos

A finalidade proposta na utilização do Logo Tridimensional consiste em fornecer uma dimensão espacial ao micromundo da tartaruga, através da incorporação de novas primitivas que permitem a descrição de objetos no espaço. Para tal, associado à tartaruga existe um sistema de três eixos ortogonais ***i, j*** e ***k***[4] com origem no centro de seu casco e fixo nela, como representado na Figura 5.1, que com ela "navega", isto é, acompanha os movimentos da tartaruga. Através desse sistema de eixos ortogonais determina-se univocamente a posição e a orientação espacial da tartaruga (estado da tartaruga).

O eixo ***i*** — eixo longitudinal — atravessa a tartaruga desde sua cauda até sua cabeça. É segundo ele que a tartaruga realiza seu movimento longitudinal.

O eixo ***j*** — eixo transversal — cruza a tartaruga de lado a lado, da direita para a esquerda; é perpendicular ao eixo *i*.

O eixo ***k***, ou eixo normal, apontando para cima, é perpendicular aos eixos ***i*** e ***j***, cruzando a tartaruga desde o centro de seu casco até sua carapaça.

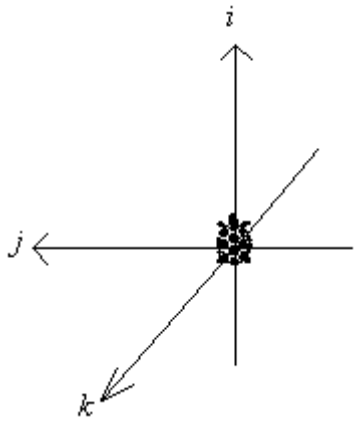


Figura 5.1 – Sistema de eixos ortogonais associados à tartaruga

As coordenadas ***x***, ***y*** e ***z*** da tartaruga estão referenciadas ao sistema ortogonal de eixos ***x***, ***y*** e *z,* fixo e localizado no centro da tela, que é o ponto de partida para seus deslocamentos e giros. Os eixos ***x,*** horizontal, e ***y***, vertical, estão no plano da tela; o eixo ***z*** é perpendicular à tela, e posiciona-se saindo do plano desta, como representado na Figura 5.2.

[4] No desenvolvimento do Logo Tridimensional no *SLogoW* foram adotadas as mesmas orientações dos sistemas de eixos utilizadas em Reggini (1985).

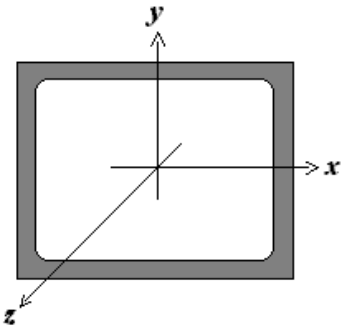


Figura 5.2 – Sistema de eixos ortogonais fixos na tela do computador

5.3.1) Comando de Estado Inicial ou Comando Tridimensional

A tartaruga tridimensional adquire suas condições iniciais de partida, quais sejam: posicionada no centro da tela, direcionada para cima, e com sua carapaça voltada para fora da tela, através do comando **tridimensional** ou **tri**.

Com a tartaruga em seu estado inicial acima definido, o sistema de coordenadas da tartaruga tem seu eixo ***i*** coincidindo com o eixo ***y,*** o eixo ***j*** coincidindo com o negativo do eixo ***x,*** isto é, - ***x***; e o eixo ***k*** coincidindo com o eixo ***z***. Com a tartaruga na posição central da tela, suas coordenadas em relação ao sistema de eixos ***x y z*** assumem respectivamente os valores: ***x*** = 0, ***y*** = 0 e ***z*** = 0. Nessa posição, com a tartaruga voltada para acima os cosenos diretores[5] dos eixos ***i***, ***j*** e ***k*** são respectivamente (0 1 0), (-1 0 0) e (0 0 1).

Em forma matricial, a relação entre os dois sistemas de eixos ortogonais expressa-se por:

$$\begin{vmatrix} i \\ j \\ k \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} x \\ y \\ z \end{vmatrix} \tag{5.1}$$

ou seja,

$$\begin{vmatrix} i \\ j \\ k \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} y \\ -x \\ z \end{vmatrix} \tag{5.2}$$

Outra forma matricial de exprimir a relação acima é:

$$(\boldsymbol{i}\ \boldsymbol{j}\ \boldsymbol{k})^{\mathrm{T}} = \mathbf{C}\ (\boldsymbol{x}\ \boldsymbol{y}\ \boldsymbol{z})^{\mathrm{T}} \tag{5.3}$$

na qual $\mathbf{C}$ é a matriz dos cosenos diretores, e $(\ )^{\mathrm{T}}$ denota matriz transposta[6].

---

[5] De uma forma simples, pode-se definir cosenos diretores de um vetor como sendo as razões entre as projeções ortogonais desse vetor em cada um dos eixos coordenados e seu módulo.

[6] Uma matriz transposta é obtida trocando-se as linhas pelas colunas.

Com a tartaruga em seu estado inicial, a matriz **C** está definida por:

$$\mathbf{C} = \begin{vmatrix} c11 & c12 & c13 \\ c21 & c22 & c23 \\ c31 & c32 & c33 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \quad (5.4)$$

Na definição do comando **tridimensional** os elementos da matriz dos cosenos diretores assumem os valores acima definidos.

5.3.2) Comandos de Mudanças de Estado

Os movimentos da tartaruga no espaço são definidos pelo seu giro ao redor de seus eixos ***i, j*** e ***k,*** como representados na Figura 5.3 abaixo, e pelo seu deslocamento longitudinal.

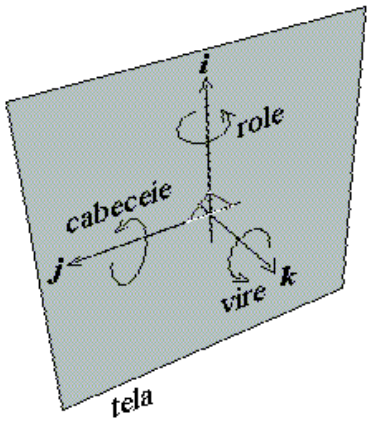


Figura 5.3 – Giros da tartaruga ao redor de seus eixos coordenados[7]

A seguir, apresentam-se os comandos que modificam o estado da tartaruga.

5.3.2.1) Comando ande

ande *dist*[8]: através desse comando a tartaruga se desloca da distância dada por *dist* ao longo de seu eixo longitudinal, portanto, sem alterar sua direção, e eqüivale ao comando **parafrente** do Logo Bidimensional (**ande *-dist*** eqüivale ao comando **paratrás)**.

No Logo Tridimensional, como resultado da ação de execução de cada comando **ande**, a nova posição da tartaruga (em coordenadas tridimensionais), pode ser representada pela extremidade do vetor $\mathbf{P}_{nova}$, o qual tem sua origem no centro do sistema de eixos ***x y z***. Essa nova posição pode ser obtida a partir da posição antiga, representada pelo vetor $\mathbf{P}_{antiga}$, somando-se a este, o vetor deslocamento, resultante da ação do comando **ande** *dist*. Assim:

---

[7] A partir desse momento, passa-se a representar a tartaruga por um triângulo, forma assumida pela tartaruga tridimensional no *SLogoW*.

[8] O número que acompanha um comando é chamado **entrada** de comando e deve ser definido pelo usuário. No presente caso, ele indica a quantidade de passos que a tartaruga irá se mover ao longo do eixo ***i***.

$$\mathbf{P}_{nova} = \mathbf{P}_{antiga} + dist * \boldsymbol{I} \quad (5.5)$$

no qual $\boldsymbol{I}$ é o vetor unitário do eixo $\boldsymbol{i}$, com cosenos diretores (c11 c12 c13). As novas coordenadas tridimensionais da tartaruga são dadas por:

$$\boldsymbol{x}_{nova} = \boldsymbol{x}_{antiga} + dist * c11 \quad (5.6)$$

$$\boldsymbol{y}_{nova} = \boldsymbol{y}_{antiga} + dist * c12 \quad (5.7)$$

$$\boldsymbol{z}_{nova} = \boldsymbol{z}_{antiga} + dist * c13 \quad (5.8)$$

Uma visualização da ação do comando **ande** pode ser vista através do video clip ande.animação.

5.3.2.2) Comando vire

vire *ang*: este comando gira a tartaruga para a esquerda um ângulo definido por *ang*, ao redor de seu eixo normal ***k***, como ilustrado na Figura 5.4 abaixo, sem alterar a posição espacial da tartaruga, e eqüivale ao comando **paraesquerda** no Logo Bidimensional (**vire *-ang*** eqüivale ao comando **paradireita**).

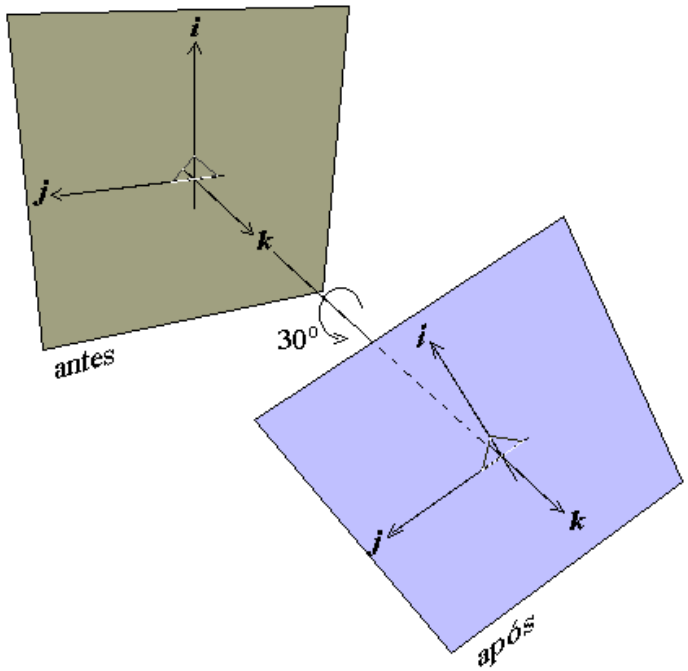


Figura 5.4 – Representação da ação do comando **vire 30**

A cada nova ação do comando **vire *ang***, a matriz dos novos cosenos diretores dos eixos associados à tartaruga pode ser obtida pré-multiplicando-se a matriz dos cosenos diretores antigos pela matriz de rotação $\mathbf{C}_v$[9] abaixo definida.

[9] As matrizes de rotação, a seguir apresentadas, foram deduzidas a partir do trabalho apresentado por Abelson et al. (1991). Para mais informações ver Anexo I, desta tese.

$$\mathbf{C}_v\,(\text{ang}) = \begin{vmatrix} \cos(ang) & sen(ang) & 0 \\ -sen(ang) & \cos(ang) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} \qquad (5.9)$$

Observa-se não haver alteração nos cosenos diretores do eixo ***k***, ao redor do qual ocorreu a rotação.

A ação do comando **vire**, resultante de um giro completo (360°), encontra-se apresentada no video clip vire.animação.

Ressalta-se que a tartaruga "escapa do plano" para o espaço, através dos comandos abaixo descritos.

5.3.2.3) Comando role

role *ang*: este comando gira a tartaruga um ângulo especificado por *ang*, ao redor de seu eixo longitudinal ***i***, como ilustrado na Figura 5.5 abaixo, sem alterar sua posição espacial.

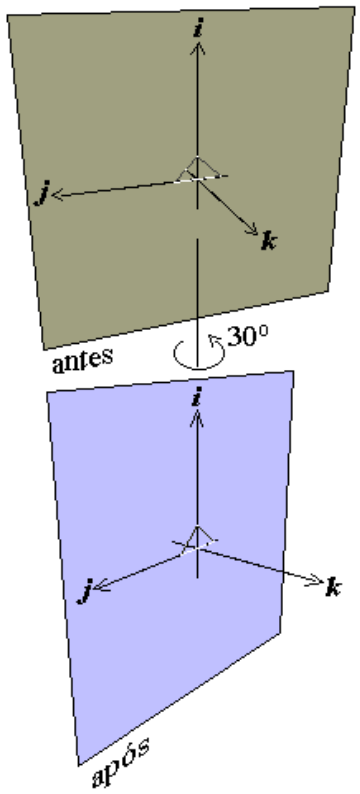


Figura 5.5 – Representação da ação do comando **role 30**

A cada nova ação do comando **role *ang***, a matriz dos novos cosenos diretores dos eixos associados à tartaruga podem ser obtidos pré-multiplicando-se a matriz dos cosenos diretores antigos pela matriz de rotação $\mathbf{C}_r$ abaixo definida.

$$\mathbf{C}_r\,(ang) = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(ang) & sen(ang) \\ 0 & -sen(ang) & \cos(ang) \end{vmatrix} \tag{5.10}$$

A ação do comando **role**, resultante de um giro completo, encontra-se apresentada no video clip role.animação.

Observa-se não haver alteração nos cosenos diretores do eixo ***i***, ao redor do qual ocorreu a rotação. Portanto, não ocorre alteração na direção da tartaruga.

5.3.2.4) Comando cabeceie

cabeceie *ang*: este comando gira a tartaruga um ângulo especificado por *ang*, ao redor de seu eixo transversal ***j***, como ilustrado na Figura 5.6 abaixo, sem alterar sua posição espacial.

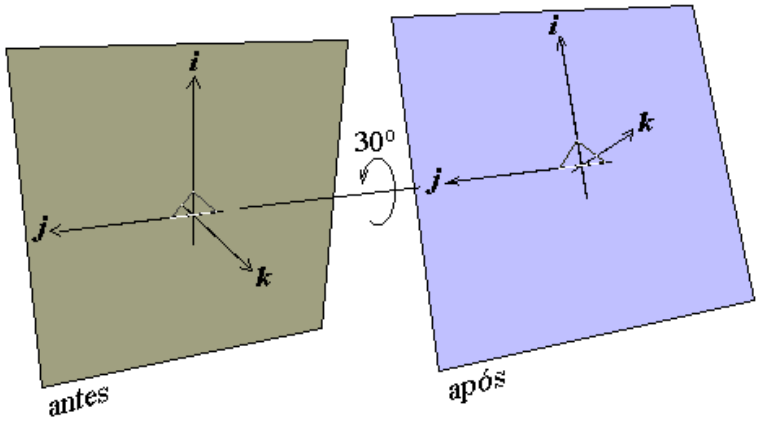


Figura 5.6 – Representação da ação do comando **cabeceie 30**

A cada nova ação do comando **cabeceie *ang***, a matriz dos novos cosenos diretores dos eixos associados à tartaruga pode ser obtida pré-multiplicando-se a matriz dos cosenos diretores antigos pela matriz de rotação $\mathbf{C}_c$ abaixo definida.

$$\mathbf{C}_c\,(ang) = \begin{vmatrix} \cos(ang) & 0 & -sen(ang) \\ 0 & 1 & 0 \\ sen(ang) & 0 & \cos(ang) \end{vmatrix} \tag{5.11}$$

A ação do comando **cabeceie**, resultante de um giro completo, encontra-se apresentada no video clip cabeceie.animação.

Observa-se não haver alteração nos cosenos diretores do eixo ***j***, ao redor do qual ocorreu a rotação.

5.4) Equivalências dos Comandos de Giros da Tartaruga

A ação final de cada comando de giro da tartaruga tridimensional pode ser obtida como resultado da ação combinada dos outros dois comandos restantes. Por exemplo, através da rotação de vetores, pode-se verificar que a ação do comando **vire** (*ang*) é equivalente à ação dos comandos **role** e **cabeceie**, na seguinte seqüência: **role 90 cabeceie** (ang) **role -90**. Em termos matriciais tem-se:

$$\mathbf{C}_v\,(ang) = \mathbf{C}_r\,(-90) * \mathbf{C}_c\,(ang) * \mathbf{C}_r\,(90) \qquad (5.12)$$

Assim procedendo, torna-se possível construir algumas equivalências[10] das possíveis combinações dos comandos **cabeceie**, **role** e **vire,** apresentada a seguir:

vire (ang) ⇔ role (90) cabeceie (ang) role (-90) , ou
role (-90) cabeceie(-ang) role (90) , ou
cabeceie (-90) role (ang) cabeceie (90) , ou
cabeceie (90) role (-ang) cabeceie (-90)

role (ang) ⇔ cabeceie (90) vire (ang) cabeceie (-90) , ou
cabeceie (-90) vire (-ang) cabeceie (90) , ou
vire (-90) cabeceie (ang) vire (90) , ou
vire (90) cabeceie (-ang) vire (-90)

cabeceie (ang) ⇔ vire (90) role (ang) vire (-90) , ou
vire (-90) role (-ang) vire (90) , ou
role (-90) vire (ang) role (90) , ou
role (90) vire (-ang) role (-90)

5.5) "Idéias Poderosas" Inerentes ao Contexto do Logo Tridimensional

Ampliar o micromundo da tartaruga bidimensional para outro mais abrangente, tridimensional, através da incorporação da dimensão espacial, implica em um "salto" qualitativo importante na concepção da tartaruga como "objeto sobre o qual se pensa". Uma vez que os movimentos da tartaruga não se encontram mais limitados ao plano, eles alcançam uma complexidade mais abrangente, integrando o Logo Bidimensional no mundo real, permitindo, dessa forma, associar os movimentos da tartaruga com os verdadeiros movimentos corporais.

A noção do espaço e o conhecimento de conceitos relacionados à Geometria Espacial, e também as projeções dos objetos tornam-se, no micromundo tridimensional, disponíveis de forma simples e natural, sem a abstração demasiada da Geometria Espacial, possibilitando às pessoas atuarem de forma criativa em domínios, aparentemente complexos, no processo de exploração e construção de conceitos relacionados à Geometria Espacial.

De um modo geral, existem várias maneiras de se descrever um objeto tridimensional. Uma delas, bem simples, seria descrevê-lo, a partir de um ponto qualquer

[10] Ressalta-se que essas equivalências foram baseadas em Reggini (1985).

sobre sua superfície, através dos movimentos sucessivos para percorrer seus contornos. Esta descrição geométrica não faz referência a nenhum elemento externo ao objeto, e é portanto intrínseca a ele. Esse fato é evidenciado no Logo Tridimensional, já que esse sistema possibilita inúmeras descrições, com diferentes estilos, da forma espacial de objetos, através das ações sucessivas necessárias para se conseguir delinear e explicitar seus contornos no espaço.

Para tanto, o usuário pode imaginar a sua mão direita aberta e estendida, e com ela percorrer as linhas do contorno (arestas) de um objeto tridimensional. Através da ordem **ande** inicia-se o movimento de translação da mão segundo a direção dos dedos. Com a ordem **vire**, gira-se a mão no plano da palma da mão. Qualquer figura plana poderá pois, ser definida com as ordens **ande** e **vire**. Para completar a definição de uma figura tridimensional, recorre-se às ordens **cabeceie**, que produz um giro para cima ou para baixo flexionando a munheca, e **role**, que produz um giro que se relaciona com o girar da mão[11]. Desse modo, as ordens mencionadas, representadas na Figura 5.7, permitem ao usuário descrever qualquer objeto espacial, através dos movimentos da mão.

Enfatiza-se que, o sistema computacional Logo, utilizado com tal finalidade, se torna um meio, extremamente importante, para a expressão humana, tanto de natureza científica quanto artística, possibilitando, dessa forma, ao seu usuário a oportunidade de vivenciar a emoção e a alegria do ato criativo.

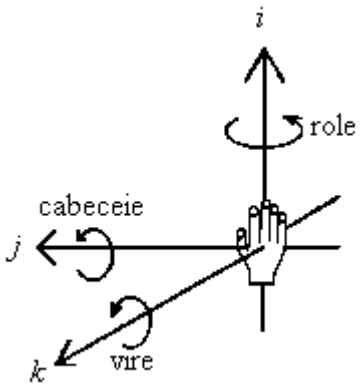


Figura 5.7 – Movimentos da tartaruga transportados para a mão

5.6) A Perspectiva Cônica e a Representação de Formas de Objetos na Tela

A representação das principais propriedades da forma de um objeto, em uma superfície plana, não se constitui em uma tarefa simples, pois o conceito visual de qualquer objeto que possua volume, somente pode ser representado em um meio tridimensional. Assim sendo, quando se desenha um objeto sobre uma superfície plana, o que se obtém é uma "tradução" deste objeto, ou seja, a representação por meios bidimensionais de alguns fatores estruturais, essenciais ou particulares, do conceito visual. As figuras obtidas podem parecer planas, como os desenhos de uma criança, ou ter profundidade, como os quadros com linhas de fuga, mas em ambos os casos a integridade do conceito visual não pode se reproduzir, totalmente no plano (Reggini, 1985).

---

[11] Giro da mão está associado à ação da mão em movimentos que, popularmente, representam o estado de "mais ou menos".

Ao longo das civilizações, a representação da profundidade ou terceira dimensão do espaço sobre uma superfície de duas dimensões representou um problema de grande interesse, com diferentes soluções. Por exemplo, nos desenhos dos egípcios, as cabeças e os pés eram sempre representados de perfil. Tratava-se de mostrar a essência dos objetos, representando sempre cada parte em uma posição distinta para ressaltar suas características mais notáveis.

Em algumas representações chinesas e japonesas antigas, as retas paralelas da realidade (do objeto) se conservam paralelas no desenho.

Na Grécia de Euclides (século III a.C.) já eram utilizadas representações em perspectiva cônica. Entretanto, somente no Renascimento, foram cientificamente definidos seus fundamentos; e, dessa forma, ocorreu a generalização de seu uso. A partir de então, imagens registradas de objetos passaram a assumir as mesmas formas com as quais eram vistos os objetos no mundo real.

No desenvolvimento científico, através da busca de se conseguir dispositivos óticos-mecânicos que permitissem a obtenção de figuras de objetos em perspectiva cônica, o resultado mais notável foi conseguido no final do século passado, com a invenção da fotografia. As imagens fotográficas, assim como as do cinema e da televisão que lhe seguiram, também mostram os objetos em perspectiva cônica.

Sendo um dos objetivos do Logo Tridimensional aproximar o usuário do mundo real, a perspectiva cônica, ou também chamada central, é a mais apropriada para ser utilizada na representação das formas geradas pela tartaruga tridimensional.

A explicação de como se realiza essa representação expressa-se por: suponha que um observador veja um objeto através de uma janela de vidro. As linhas ligando o olho do observador aos pontos do objeto interceptam o vidro em um conjunto de pontos que formam a representação bidimensional do objeto, como representado na Figura 5.8 abaixo.

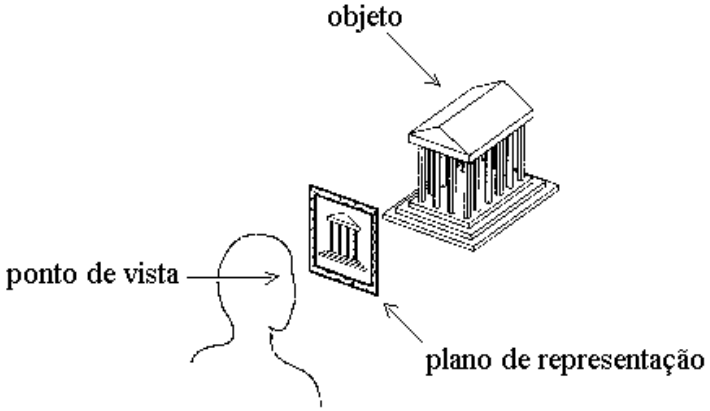


Figura 5.8 – Representação de um objeto visto segundo a perspectiva cônica
Fonte – Angel, 1997, p.21

Fazendo uma analogia com o sistema computacional, a posição da janela (ou plano de representação) é a tela do monitor à qual associa-se o sistema de eixos ortogonais ***x y z***, já representado na Figura 5.2. O olho do observador (ou ponto de vista) está posicionado em

um eixo perpendicular à tela passando pelo seu centro, portanto sobre o eixo *z*. Assim sendo, para desenhar um objeto no Logo Tridimensional move-se a tartaruga ao longo das linhas desse objeto no espaço. O caminho percorrido pela tartaruga no espaço produz uma imagem (ou representação plana) que consiste na representação do objeto visível na tela do monitor, ou plano ***xy*** do sistema de eixos ortogonais, como ilustrado na Figura 5.9 a seguir.

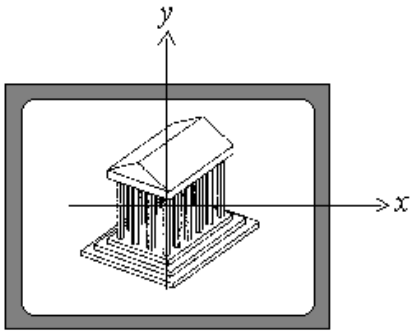


Figura 5.9 – Desenho bidimensional de um objeto possível de ser feito com a tartaruga tridimensional

5.6.1) Analogia com o Sistema de Fotografia

Em fotografia, o olho do observador é substituído pelas lentes da objetiva, e o plano de representação é substituído pela película sensível ou filme. De fato, neste caso, o plano de representação está atrás do ponto de vista e se forma uma imagem negativa; mas o processo é similar ao que se obteria, caso o plano de representação estivesse adiante. Este processo está representado na Figura 5.10 abaixo.

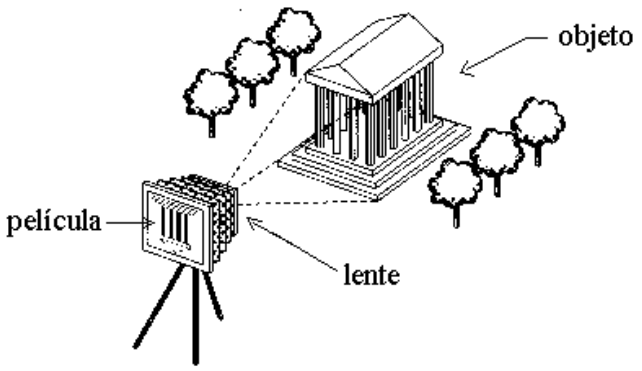


Figura 5.10 – Representação do "registro" de um objeto por uma câmara fotográfica
Fonte – Angel, 1997, p.19

Em perspectiva, denomina-se *raio principal* ao raio visual perpendicular ao plano de representação, e *ponto principal* ao ponto no qual o raio principal corta o plano de representação, como representado na Figura 5.11 abaixo. Em fotografia, o ponto principal é o centro da película sensível; no Logo Tridimensional, é o centro da tela, uma vez que o sistema de eixos coordenados está localizado no centro da tela, como já representado na Figura 5.2.

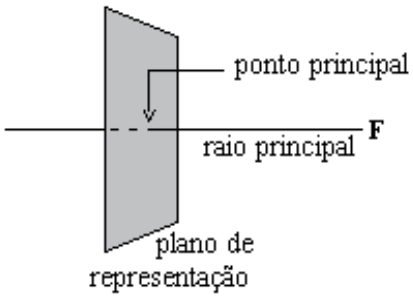


Figura 5.11 – Raio principal e ponto principal

Chama-se *distância principal* ao segmento do raio principal compreendido entre o ponto de vista (ponto F nas Figuras 5.11 e 5.12) e o plano de representação, como ilustrado na Figura 5.12. Em fotografia, designa-se essa magnitude com o nome de *distância focal.*

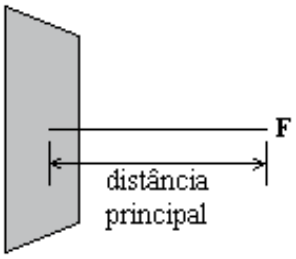


Figura 5.12 – Distância principal ou distância focal

5.6.2) Perspectiva ou Projeção Cônica de um Ponto no Espaço

Como já mencionado neste capítulo, Abelson et al. (1981), utilizando vetores, como forma de representação de fenômenos geométricos, estabeleceram conceitos matemáticos e apresentaram procedimentos que permitiram o desenvolvimento do ambiente tridimensional do Logo.

Baseando-se nos autores, acima mencionados, busca-se explicitar as relações matemáticas presentes na projeção cônica, inerente ao Logo Tridimensional, de um objeto no espaço. Sabe-se que um objeto tridimensional possui vértices e arestas e, assim sendo, para projetar esse objeto no plano, basta projetar os seus vértices, no plano de representação. Para tanto, associa-se um ponto no espaço, o qual pode representar um dos vértices do objeto que se deseja projetar, como sendo a extremidade de um vetor cuja origem está no centro de um sistema de três eixos ortogonais. Assim procedendo, transforma-se o **problema da projeção de um dos vértices do objeto** (um ponto no espaço), **na projeção de um vetor em um plano de representação**.

Para tanto, considera-se um vetor **V**, como representado na Figura 5.13 abaixo, com origem no centro do sistema de eixos ortogonais ***x y z***, e extremidade dada pelas coordenadas (V_x V_y V_z), que são as coordenadas do ponto que se deseja projetar.

O vetor **V** pode ser decomposto como sendo:

$$\mathbf{V} = V_x.\mathbf{X} + V_y.\mathbf{Y} + V_z.\mathbf{Z} \qquad (5.13)$$

na qual, **X**, **Y** e **Z** são os vetores unitários dos eixos ***x***, ***y*** e ***z*****,** respectivamente.

Na Figura 5.13, considera-se que o ponto de vista esteja localizado no ponto F, direcionado ao longo do eixo ***z***, no sentido crescente. e que se objetive projetar o vetor **V** em um plano de representação, o qual coincide com o plano ***xy***, definido pelo sistema dos três eixos ortogonais.

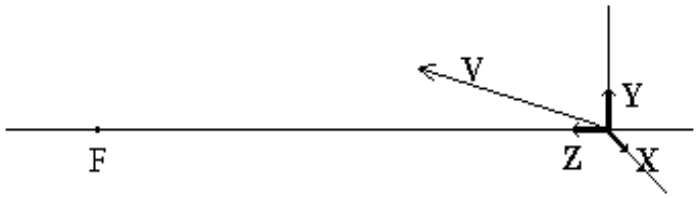


Figura 5.13 – Representação do vetor **V** a ser projetado

No problema da **projeção de um vetor em um plano de representação** existem três possibilidades, relacionadas com a posição do vetor **V**, em relação ao plano de representação. Assim sendo, a seguir, serão exploradas duas dessas possibilidades, as quais relacionam-se à construção de objetos no ambiente do Logo Tridimensional.

Ressalta-se que a terceira possibilidade, na qual o ponto de vista está entre o plano de representação e o ponto extremo do vetor **V**, a projeção pode ser comparada à imagem projetada no plano de representação (película ou filme) através de uma lente convergente de uma câmara fotográfica. Nessa possibilidade a imagem projetada fica invertida em relação ao objeto. Essa situação não possui correspondência no que se refere à construção de objetos com Logo Tridimensional e, portanto, não será explorada na presente tese.

5.6.2.1) Primeira Possibilidade – Extremidade do Vetor V entre o Ponto de Vista e o Plano de Representação

Uma vez que o ponto de vista está direcionado ao longo do eixo ***z***, para se projetar o vetor **V** no plano de representação ilustrado na Figura 5.14 abaixo, torna-se necessário calcular, em coordenadas (x y), o ponto extremo do vetor **T**, ou seja, calcular T_x e T_y. Essa necessidade é decorrente do fato de que o vetor **T** estar localizado no plano de representação.

Introduzindo o vetor **P** no plano perpendicular ao eixo ***z***, no ponto V_z, tem-se:

$$\mathbf{V} = V_z.\mathbf{Z} + \mathbf{P} \tag{5.14}$$

na qual,

$$\mathbf{P} = V_x.\mathbf{X} + V_y.\mathbf{Y} \tag{5.15}$$

Como o vetor **T** é paralelo ao vetor **P** (o plano de representação é perpendicular ao raio principal, ou seja, ao eixo ***z*** – ver Figura 5.11), na Figura 5.14 os triângulos FOT e FV_zP[12] são semelhantes.

Portanto: **T** está para **P**, assim como F está para (F- V_z), dessa relação, decorre que

[12] Assume-se que os pontos T e P sejam as extremidades dos vetores **T** e **P**, respectivamente.

$$\mathbf{T} = \mathbf{P} * F/(F-V_z) \quad (5.16)$$

Em termos de projeção, como os triângulos FV_xV_z e FT_xO, são semelhantes, tem-se:

$$T_x = V_x * F/(F - V_z) \quad (5.17)$$

e como os triângulos FV_yV_z e FT_yO são semelhantes, tem-se:

$$T_y = V_y * F/(F - V_z) \quad (5.18)$$

portanto:

Projeção do vetor **V** é igual a **T,** o qual possui coordenadas (T_x, T_y), e, assim sendo:

$$\text{Projeção de } \mathbf{V} = (T_x, T_y) = F/(F - V_z) * (V_x, V_y) \quad (5.19)$$

Na equação (5.19) V_x e V_y são as coordenadas do vetor **V**.

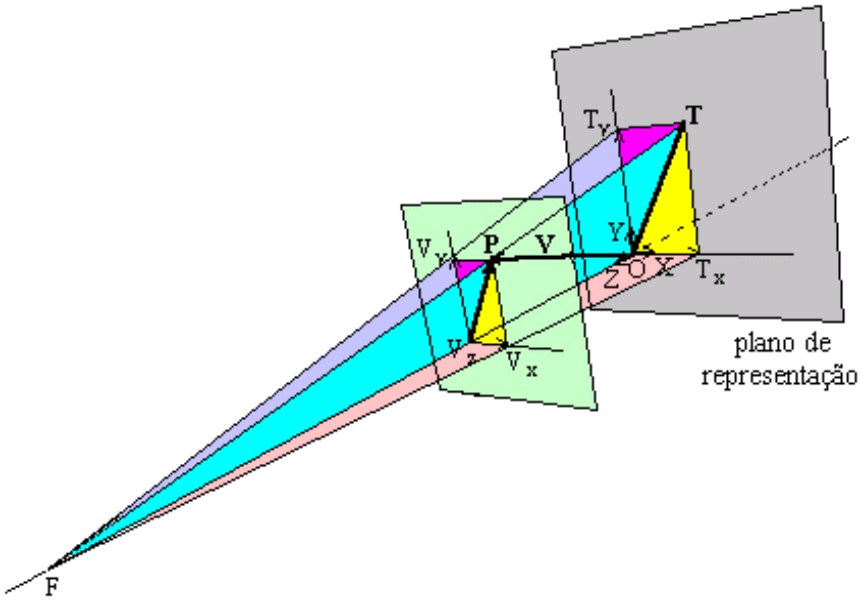


Figura 5.14 – Representação da projeção do vetor **V** – 1ª possibilidade

A situação acima corresponde a se trabalhar com um objeto entre o observador e o plano de representação. Assim sendo, a perspectiva pode ser comparada à sombra do objeto projetada no plano de representação, sendo a luz emitida por uma fonte luminosa pontual. No Logo Tridimensional essa situação corresponde a se construir um objeto, ou parte dele, no semi-espaço à frente do plano da tela.

5.6.2.2) Segunda Possibilidade – Plano de Representação entre o Ponto de Vista e a Extremidade do Vetor V

Ressalta-se que a ilustração do presente caso está apresentada na Figura 5.15, a seguir.

Utilizando os procedimentos anteriores e lembrando que a coordenada V_z assume valores negativos na presente situação, por analogia, chega-se à mesma expressão matemática para a projeção do vetor **V**, qual seja:

$$\text{Projeção de } \mathbf{V} = (T_x, T_y) = F/(F - V_z) * (V_x, V_y) \qquad (5.20)$$

Essa situação corresponde a se trabalhar com um objeto **atrás do plano de representação**, como já ilustrado na Figura 5.8, no qual a janela atua como plano de representação. No Logo Tridimensional essa situação corresponde a se construir um objeto no semi-espaço atrás do plano da tela do monitor.

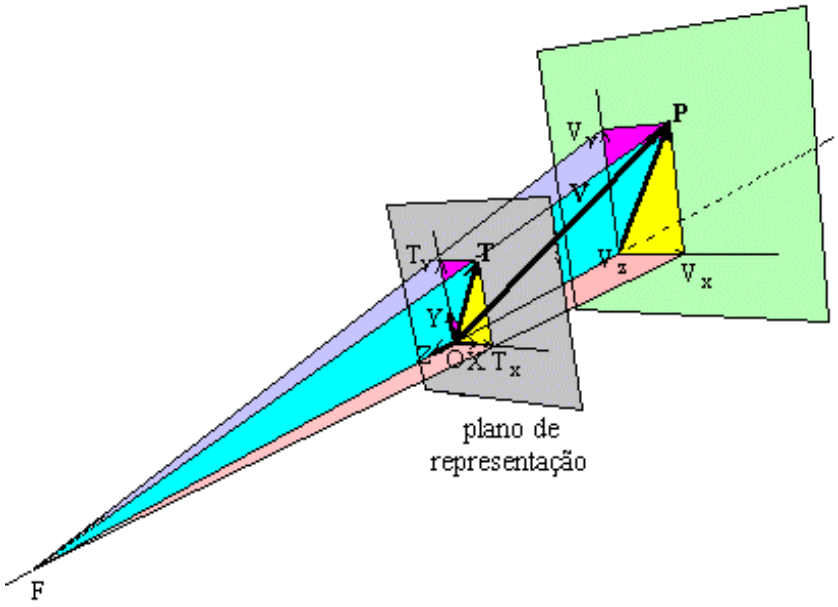


Figura 5.15 – Representação da projeção do vetor **V** – 2ª possibilidade

A terceira possibilidade, na qual o ponto de vista está entre o plano de representação e o ponto extremo do vetor **V**, a projeção pode ser comparada à imagem projetada no plano de representação (película ou filme) através de uma lente convergente de uma câmara fotográfica. Nessa possibilidade a imagem projetada fica invertida em relação ao objeto. Essa situação não tem correspondência no que se refere à construção de objetos com Logo Tridimensional e, portanto, não será explorada na presente tese.

5.6.3) Representação da Forma de um Objeto no Plano da Tela

Baseando-se em conceitos de perspectiva, alguns aspectos podem ser observados, no processo de projeção de objetos tridimensionais no plano, quais sejam:

- Para se obter a **projeção de um segmento de linha no plano** de representação basta projetar os **pontos extremos** desse segmento, uma vez que a projeção do segmento de linha é o segmento no plano de representação conectando as projeções dos pontos extremos;

- Para projeta-se um poliedro no plano, pode-se projetar todos os seus vértices.

Ao se projetar um objeto no plano de representação obtém-se uma figura que corresponde ao "aspecto"[13] desse objeto. É assim que se processa no Logo Tridimensional. Quando constrói-se um objeto, ou um poliedro, no espaço, no ambiente do Logo Tridimensional, o que se obtém é seu "aspecto" na tela do monitor, desenhado segundo os princípios da projeção cônica.

No *SLogoW* quem se encarrega de desenhar o aspecto do poliedro na tela é o comando auxiliar **marque x y z**. Dentro dos procedimentos que definem o comando **ande**, **marque** tem a função de mover a tartaruga bidimensional no plano ***xy*** da tela do monitor, de um ponto correspondente à projeção cônica de um vértice do poliedro ocupado pela tartaruga tridimensional no espaço, definido pelas coordenadas ($\boldsymbol{x}_{antiga}$, $\boldsymbol{y}_{antiga}$, $\boldsymbol{z}_{antiga}$) (estado inicial), a um ponto correspondente à projeção cônica do vértice seguinte do poliedro a ser ocupado pela tartaruga tridimensional, definido pelas coordenadas ($\boldsymbol{x}_{nova}$, $\boldsymbol{y}_{nova}$, $\boldsymbol{z}_{nova}$) (estado final) (ver item 5.3.2.1 – Comando **ande**).

O comando **marque** é, pois, um comando auxiliar no Logo Tridimensional. Ele projeta, segundo as regras da projeção cônica, um ponto de coordenadas ($\boldsymbol{x}_{nova}$, $\boldsymbol{y}_{nova}$, $\boldsymbol{z}_{nova}$) no espaço, em um ponto (x, y) no plano ***xy*** da tela do monitor, e liga o ponto correspondente à projeção anterior a esse novo ponto que corresponde à projeção atual. Para tal ele se utiliza do comando **mudepos x y** da tartaruga cartesiana bidimensional (do Logo Bidimensional).

No sistema do Logo Tridimensional, convém lembrar que, o ponto de vista está localizado no eixo *z* a uma distância F do centro do sistema de eixos, portanto a uma distância F do plano de representação. E, ainda, que ($\boldsymbol{x}_{nova}$ $\boldsymbol{y}_{nova}$ $\boldsymbol{z}_{nova}$) referem-se às coordenadas da extremidade do vetor **V**. Recorrendo-se às equações (5.17) e (5.18), e substituindo V_x, V_y e V_z por $\boldsymbol{x}_{nova}$ $\boldsymbol{y}_{nova}$ $\boldsymbol{z}_{nova}$ obtém-se as projeções das coordenadas espaciais ($\boldsymbol{x}_{nova}$ $\boldsymbol{y}_{nova}$ $\boldsymbol{z}_{nova}$) de um ponto fora da tela, entradas do comando **mudepos x y**, são respectivamente:

$$x = proj\ \boldsymbol{x}_{nova} = F * \boldsymbol{x}_{nova} / (F - \boldsymbol{z}_{nova}) \tag{5.21}$$

$$y = proj\ \boldsymbol{y}_{nova} = F * \boldsymbol{y}_{nova} / (F - \boldsymbol{z}_{nova}) \tag{5.22}$$

5.6.4) Definição da Distância Principal F

Nas expressões matemáticas acima definidas observa-se que a distância principal, representada pela grandeza F, influencia a forma do aspecto do objeto projetado na tela. Como grandeza matemática ela pode assumir qualquer valor atribuído pelo usuário. Entretanto, para que **a forma do desenho na tela** tenha um **significado para quem o construiu**, é importante que **F assuma um valor que possa ser associado a algum fenômeno conhecido**. Segundo Reggini (1985), um valor de F, similar ao da **diagonal da tela**, medido em passos da tartaruga, gera imagens similares às que se obtêm com uma câmara fotográfica com lente normal, por exemplo distância focal f = 50 mm para negativos de 24 x 35 mm. Com valor menor dessa distância, as imagens resultantes seriam similares às das fotografias obtidas com lente grande angular. Com valor maior dessa distância, as

[13] Ressalta-se que de acordo com Carlos Marmo, a perspectiva cônica de uma figura corresponde ao aspecto dessa figura (Marmo, 1958).

imagens se pareceriam com as obtidas com tele-objetivas. Alterar essa distância corresponde, pois, à troca de lente na câmara fotográfica. Se fosse possível uma variação contínua de F, obter-se-ia um efeito similar ao que se consegue através da variação do "zoom" nas filmadoras ou em algumas câmaras fotográficas.

No sistema Logo Tridimensional descrito em Reggini (1985), essa distância está definida pela variável F, cujo valor é 750, ou seja **750 passos da tartaruga**, em um ponto sobre o eixo *z* fora da tela. No estabelecimento de tal definição o citado autor levou em consideração o conceito acima e também as peculiaridades do monitor com o qual trabalhou.

Nas perspectivas ou projeções cônicas que geram as imagens em Logo Tridimensional normalmente trabalha-se com a distância principal fixa, assumindo para F o valor atribuído durante o desenvolvimento do ambiente tridimensional; mas ela pode ser modificada, ou seja, o ambiente tridimensional pode ser personalizado por um comando apropriado. Na versão do *SLogoW* oferecida pelo NIED, a definição da variável F ocorre dentro do comando **tridimensional**. Em sua versão original foi-lhe atribuído **o valor 360**, ou seja, 360 passos da tartaruga.

Para que o leitor possa se situar quanto às diferenças decorrentes de se "perspectivar" um mesmo sólido com diferentes distâncias principais (diferentes valores de F), apresenta-se a seguir as Figuras 5.16, 5.17 e 5.18, na qual um cubo, construído no semi-espaço anterior ao plano da tela, é visto a partir de diferentes distâncias do plano de representação (tela).
.

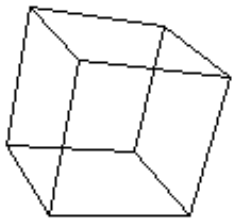


Figura 5.16 - Representação de um cubo com arestas iguais a 50 projetado com F = 360

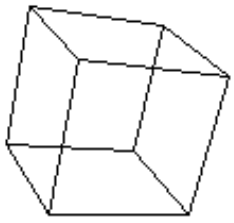


Figura 5.17 - Representação de um cubo com arestas iguais a 50 projetado com F = 750

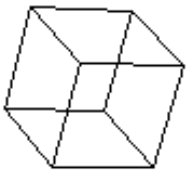


Figura 5.18 - Representação de um cubo com arestas iguais a 50 projetado com F = 1500

Quando a imagem que aparece na tela, de um objeto em uma posição qualquer, for vista a partir do ponto F, a percepção física resultante coincide geometricamente com aquela que se obteria com o objeto real colocado na mesma posição. Contudo, não é necessário o observador estar colocado no ponto F para se olhar a tela, já que a visão de uma perspectiva é também aceitável — dentro de certos limites — a partir de outros pontos de vista distintos. Convém recordar que é possível examinar livremente um quadro ou uma fotografia a partir de qualquer direção e distância, sem que a variação da perspectiva em relação ao deslocamento do observador prejudique a compreensão deste.

5.6.5) Ponto de Fuga e Perspectiva Paralela[14]

Ponto de fuga de um feixe de raios luminosos ou de um conjunto de retas paralelas de um objeto é o ponto comum de encontro das correspondentes retas no desenho, como ilustrado na Figura 5.19, para a representação de um cubo cujas faces anterior e posterior apresentam-se paralelas ao plano de representação.



Figura 5.19 – Representação de um objeto com um ponto de fuga

O número de pontos de fuga em uma figura resultante da projeção cônica de um objeto, em um plano de representação, é igual ao número total de feixes de retas paralelas desse objeto, menos o número de feixes de retas paralelas que sejam paralelos ao plano de representação.

Uma análise das Figuras 5.16, 5.17 e 5.18 mostra que à medida em que o ponto de vista se afasta do plano de representação até infinito, todos os raios visuais ou projetantes tornam-se paralelos, e, assim sendo, a perspectiva correspondente recebe o nome de *paralela* ou iso*métrica*[15], conforme ilustrado, na Figura 5.20, a seguir.

---

[14] Ressalta-se que algumas considerações, a seguir, já foram abordadas na dissertação de mestrado desta autora mas, por considerá-las importantes para a perfeita compreensão do Estudo de Caso, que será realizado no Capítulo 8, desta pesquisa, recorre-se mais uma vez, a elas.

[15] Isométrica: pela etimologia da palavra, **iso** significa mesma, e **métrica** significa dimensão, medida. Nesse sentido, isométrica significa, portanto, mesma dimensão.

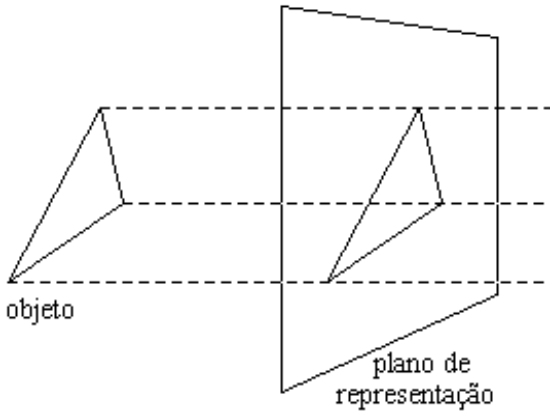


Figura 5.20 – Projeção paralela

5.6.6) Analogia com o Processo da Visão

A representação em perspectiva dos objetos tridimensionais também se processa nas imagens que são geradas pelos olhos. A córnea e o cristalino funcionam como uma lente com ajuste focal contínuo, por onde passam os raios de luz. Em lugar da película sensível, há a retina, a qual detecta os raios luminosos provenientes do objeto. A percepção visual é algo complexo, que não pode ser representado no plano; as perspectivas cônicas, bem como as perspectivas paralelas ou de outro tipo, devem ser compreendidas como meros modelos parciais do espaço visual.

Assim sendo, na representação no plano do modelo da visão humana dependendo das dimensões de um objeto, e do ângulo segundo o qual ele é "enxergado", poderá existir mais de um ponto de fuga, como representado na Figura 5.21.

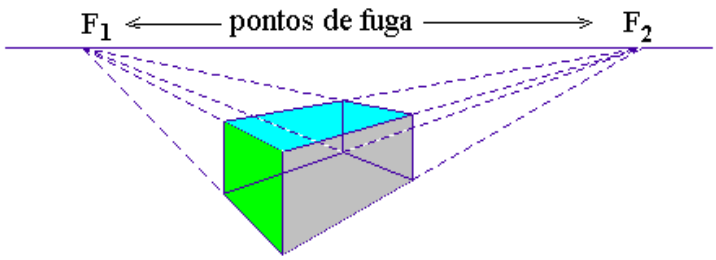


Figura 5.21 – Representação de um objeto com dois pontos de fuga

De acordo com Baranauskas e Miskulin (1994), o processo mental de "enxergar" uma forma a partir de sua projeção cônica envolve um exercício de interpretação das imagens produzidas. Esse processo mental, segundo a teoria piagetiana, envolve Abstração Refletida, pois além do usuário "ter em mente" o que vai representar, deverá refletir sobre o seu modo de pensar e tentar explicitar e interpretar as imagens produzidas. Nesse exercício mental de interpretação, estão igualmente envolvidos os processos cognitivos dos estudos relativos às Abstrações pois, além do usuário "ter em mente" o que vai representar, deverá refletir sobre seu modo de pensar, e tentar explicitar as imagens produzidas até chegar a executá-las e conceituá-las, segundo seu nível de estruturação mental.

5.7) A Descrição do Objeto no Espaço e sua Representação na Tela[16]

O cenário inicial para trabalho com o Logo Geométrico envolve a tartaruga e seus movimentos no plano (tela do micro). O usuário parte de representações e ensina à tartaruga como desenhá-las na tela. Por exemplo, quando o sujeito define um procedimento para desenhar uma casa, seu "objeto" já é uma representação plana da casa (representação simbólica). O resultado produzido na tela reflete ou não suas intenções mas, definindo um procedimento, ele está ensinando a tartaruga a produzir a mesma representação, como esquematizado abaixo, e representado na Figura 5.22.

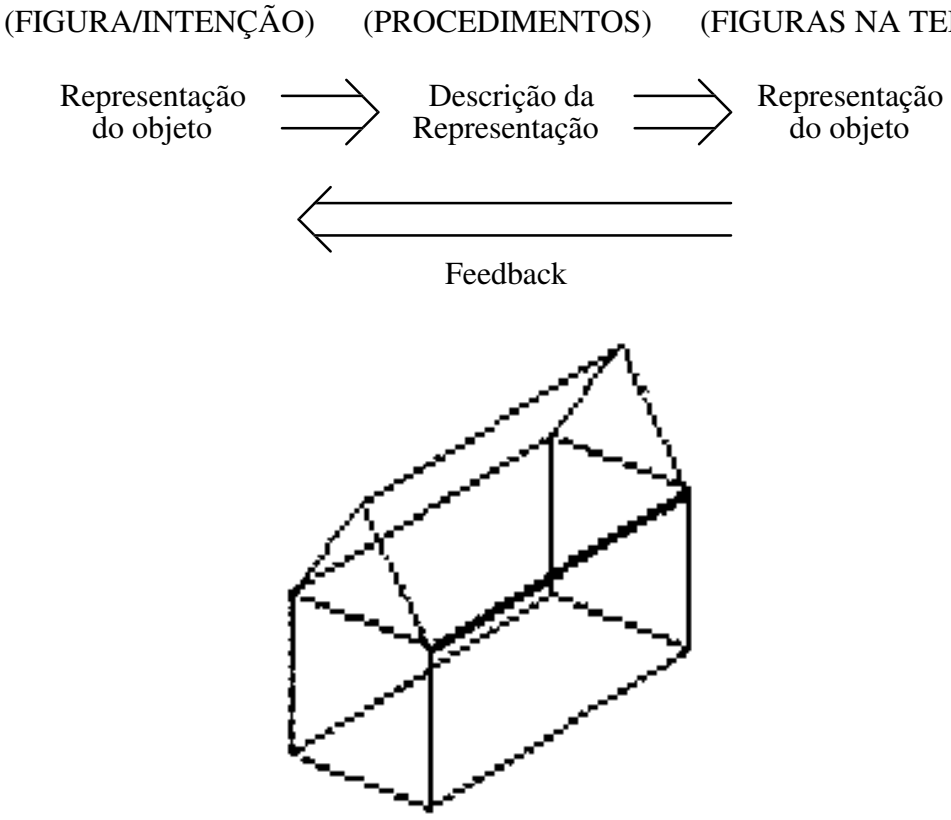


Figura 5.22 – Representação da construção de uma casa com Logo Bidimensional

O trabalho com Logo Tridimensional envolve o trinômio: 1- O objeto. 2- A sua descrição no espaço. 3- A sua representação na tela (em perspectiva cônica). O usuário parte de um objeto "real". O procedimento reflete a forma desse objeto e também os processos mentais usados na representação do objeto real. Além disso, a saída na tela é uma representação em perspectiva da forma do objeto. Dessa maneira, existem processos de codificação e decodificação envolvidos, em que a realimentação depende de uma "interpretação" da imagem resultante como saída, como esquematizado abaixo, e representado na Figura 5.23.

[16] Essas concepções estão baseadas em Baranauskas e Miskulin (1994).

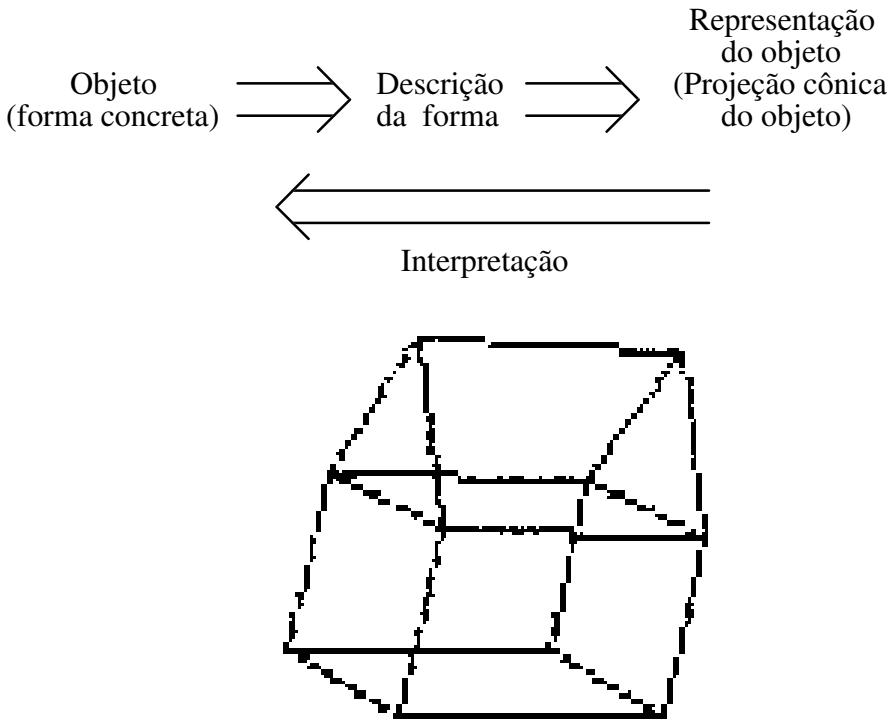


Figura 5.23 – Representação da construção de uma casa com Logo Tridimensional

5.8) Descrição dos Comandos do Logo Tridimensional

Apresenta-se, a seguir, a descrição de alguns comandos do Logo Tridimensional implementados na versão do *SLogoW* desenvolvida pelo NIED, a qual inclui os comandos de mudança de estado da tartaruga geométrica e também da tartaruga cartesiana.

ande <*distância*>

Move a tartaruga, em direção longitudinal, a distância indicada por <*distância*>, sem que ela varie seu plano ou sua orientação (do mesmo modo que o comando **parafrente**, no caso da tartaruga clássica do Logo Bidimensional).

cabeceie <*ângulo* >

Gira a tartaruga, ao redor de seu eixo transversal, o ângulo indicado por <*ângulo*>.

centralize3d

Move a tartaruga ao plano e ao centro da tela, e a deixa apontando para cima. Contudo, este comando não limpa a tela.

girex <*ângulo*>

Gira a tartaruga ao redor de um eixo passando pelo seu centro; paralelo ao eixo coordenado ***x*** (ou eixo ***j***), o ângulo indicado por <*ângulo*>.

girey <*ângulo*>

Gira a tartaruga ao redor de um eixo passando pelo seu centro; paralelo ao eixo coordenado ***y*** (ou eixo ***i***), o ângulo indicado por <*ângulo*>.

girez <*ângulo*>

Gira a tartaruga ao redor de um eixo passando pelo seu centro; paralelo ao eixo coordenado ***z*** (ou eixo ***k***), o ângulo indicado por <*ângulo*>.

inicia3d

Prepara o Super Logo para a utilização das funções tridimensionais: limpa a tela e a janela de comandos, estabelece a tela para o modo **semlimite;** coloca a tartaruga no centro da tela, apontando para cima; esconde a tartaruga e traça a tartaruga tridimensional.

invisível

Não exibe a tartaruga tridimensional, de modo que os desenhos se realizem mais rapidamente.

marque <*coordenada x*> <*coordenada y*> <*coordenada z*>

Move a tartaruga bidimensional ao ponto da tela correspondente à perspectiva da posição do espaço da tartaruga tridimensional cujas coordenadas estão determinadas pelos três argumentos.

mudepos3d [<*coordenada x*> <*coordenada y*> <*coordenada z*>]

Move a tartaruga até o ponto do espaço determinado pelos três elementos da lista de coordenadas dada como argumento. Este comando não afeta a orientação da tartaruga. Se ao chamar **mudepos3d** a tartaruga estiver usando o lápis, então ela deixará um rastro ao se mover.

mudex3d <*coordenada x*>

Move a tartaruga até a coordenada **x** determinada por <*coordenada x*>. Este comando não afeta a orientação da tartaruga ou suas coordenadas **y** e **z**. Se ao chamar **mudex3d** a tartaruga estiver usando o lápis, então ela deixará um rastro ao se mover.

mudey3d <*coordenada y*>

Move a tartaruga até a coordenada **y** determinada por <*coordenada y*>. Este comando não afeta a orientação da tartaruga ou suas coordenadas **x** e **z**. Se ao chamar **mudey3d** a tartaruga estiver usando o lápis, então ela deixará um rastro ao se mover.

mudez3d <*coordenada z*>

Move a tartaruga até a coordenada **z** determinada por <*coordenada z*>. Este comando não afeta a orientação da tartaruga ou suas coordenadas **x** e **y**. Se ao chamar **mudez3d** a tartaruga estiver usando o lápis, então ela deixará um rastro ao se mover.

ponto3d [<*coordenada x*> <*coordenada y*> <*coordenada z*>]

Põe um ponto na posição do espaço determinada pelos três elementos da lista de coordenadas dada como argumento, com a cor do lápis ativa.

pos3d

Retorna uma lista com as coordenadas **x**, **y** e **z** da tartaruga.

role <*ângulo*>

Gira a tartaruga ao redor de seu eixo longitudinal o ângulo indicado por <*ângulo*>.

tat3d

Move a tartaruga ao plano e ao centro da tela, e a deixa apontando para cima. Este comando limpa a tela após mover a tartaruga.

vire <*ângulo*>

Gira a tartaruga ao redor de seu eixo normal de um ângulo indicado por <*ângulo*>, de forma similar aos comandos ***paradireita*** e ***paraesquerda*** do Logo Bidimensional.

visível

Exibe a tartaruga tridimensional. Isso faz com que o tempo de traçado seja mais demorado. Esta é a forma *default*.

Com essas concepções em mente, ressaltando as possibilidades do Logo Tridimensional para a exploração e a construção de conceitos relacionados à Geometria Espacial, aborda-se, no capítulo seguinte, algumas das possíveis aplicações do Logo Tridimensional, na exploração e construção de conceitos geométricos.

CAPÍTULO 6

EXPLORAÇÃO DE CONCEITOS GEOMÉTRICOS ATRAVÉS DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO AMBIENTE TRIDIMENSIONAL

> *"A descrição de objetos tridimensionais e sua visualização na tela do computador além de suas aplicações em projeto e na prática arquitetônica, nos introduzem em valiosas experiências perceptivas. A realização de procedimentos Logo e a observação de seus resultados fornecem um maior discernimento e uma melhor compreensão da elegância e da complexidade das formas no espaço." (Reggini, 1988).*

Propõe-se neste capítulo tecer algumas considerações e elucidar alguns aspectos relacionados à aplicabilidade do Logo Tridimensional, com o objetivo de ressaltar as potencialidades desse ambiente na exploração de conceitos geométricos em situações práticas de resolução de problemas, no processo de transformação de **idéias** geométricas em **formas** geométricas – essência do Logo Tridimensional.

Para tanto, apresentam-se algumas situações-problema com o objetivo de mostrar que, trabalhando com o Logo Tridimensional na construção e na representação de figuras geométricas, em processos de resolução de problemas, pode-se conseguir, além dos resultados obtidos com o **Logo Bidimensional**, os resultados somente possíveis de serem adquiridos no **ambiente tridimensional**. Nesse sentido, esse ambiente se torna um meio poderoso e eficiente para se explorar e compreender conceitos de Geometria Espacial, como será evidenciado no Capítulo 8 desta pesquisa.

Além disso, pretende-se, neste capítulo, explorar as ações dos comandos de deslocamento e de giros da tartaruga do Logo Tridimensional (**ande**, **vire**, **role** e **cabeceie**), assim como, interpretá-las. Pretende-se ainda explorar conceitos sobre a **projeção cônica**, inerente ao Logo Tridimensional, com o objetivo de fornecer aos usuários desse ambiente uma contribuição para a plena compreensão dos processos de construção de objetos no espaço, uma vez que foram encontradas, na literatura sobre Logo, poucas pesquisas e trabalhos referentes ao **Logo Tridimensional** no processo ensino/aprendizagem da **Geometria**, como já mencionado no Capítulo 5 desta pesquisa.

6.1) A Representação e a Visualização de Objetos no Espaço

Constata-se que a representação e a construção de objetos bidimensionais e tridimensionais no espaço constituem uma tarefa complexa que exige do usuário raciocínios abstratos e processos de codificação e decodificação dos elementos que compõem esses objetos representados no plano.

Como já mencionado no capítulo anterior desta pesquisa, a passagem do contexto da tartaruga bidimensional para o contexto tridimensional, não consiste simplesmente na incorporação de novas primitivas ao Logo Bidimensional. Em outras palavras, estender o micromundo da tartaruga bidimensional para o contexto tridimensional significa integrar o Logo Bidimensional ao mundo real. Assim sendo, o conhecimento do espaço, ao invés do plano, e a compreensão das leis da projeção cônica dos objetos a serem projetados tornam-se, no contexto do Logo Tridimensional, acessíveis aos usuários não especialistas no assunto. Isto significa que o ambiente do Logo Tridimensional propicia ao usuário a descrição geométrica da forma tridimensional de um objeto, através das ações sucessivas que a tartaruga deve fazer para descrever os contornos ou as linhas desse objeto. Essa descrição geométrica é intrínseca ao sistema do Logo, à medida que não faz referência a nenhum elemento externo a ele. Nesse contexto, o computador, através do Logo Tridimensional, pode ser concebido como um meio de expressão tanto artística, quanto científica.

Nesse sentido, Reggini (1985) refere-se ao computador como forma de expressão artística, explicitando essa concepção através das seguintes palavras:

> "O processo que uma pessoa usa para definir uma forma com Logo é similar ao trabalho de um artesão. Assim como o artista, o artesão detém-se freqüentemente durante a sua criação e, a todo o momento, corrige e troca seus planos à medida que avança em seu trabalho. As ferramentas que usa não são complicadas e nem tampouco exigem um conhecimento profundo, e cada forma determinada leva, em si mesma, a marca característica do artista que realizou a obra." (tradução da pesquisadora).

Ressalta-se que, trabalhando com o Logo Tridimensional, a concepção acima delineada pode ser percebida nas diferentes estratégias e procedimentos que o usuário vai compondo no processo de transformação de uma **idéia** em uma **forma** geométrica.

Nesse processo, o computador pode ser considerado ainda como uma forma de expressão científica. Tal concepção se expressa através da descrição da geometria intrínseca aos procedimentos computacionais elaborados pelo usuário e do **processo de visualização** de objetos a serem representados na tela do monitor. Assim sendo, o micromundo tridimensional possibilita uma exploração informal de conceitos espaciais.

Convém lembrar que a visualização e a representação desempenham funções extremamente importantes no contexto do Logo Tridimensional. Essa importância decorre do fato de que no processo de representação de objetos, na tela do computador, o usuário "mentaliza" o objeto a ser representado e as possíveis ações da tartaruga nos diferentes planos (paralelos, perpendiculares ou oblíquos à tela). Cria estratégias próprias, elaborando procedimentos computacionais que irão executar as possíveis ações da tartaruga no espaço. Nesse processo, ainda é exigido do usuário "exercícios mentais" de interpretação das imagens produzidas na tela. Esse "exercício mental" é decorrente de uma comparação constante por parte do usuário entre a imagem mental do objeto e a sua forma resultante na tela do computador. Decorre daí a importância que a visualização assume no processo de projeção de um objeto no Logo Tridimensional. Uma questão que emerge da mente desta pesquisadora, preocupada em compreender a dinâmica cognitiva inerente aos processos de visualização de um objeto, no contexto Logo, pode ser expressa por: Quais elementos estariam subjacentes a esses processos?

É importante ressaltar que, não se pretende, neste momento, realizar um estudo aprofundado do papel da visualização e da representação na constituição do conhecimento,

mas esboçar algumas considerações sobre esses termos, como eles se relacionam e interferem na exploração e na construção de conceitos geométricos no contexto da tartaruga tridimensional.

Assim sendo, buscam-se, na literatura, algumas abordagens que enfocam essa temática, com o objetivo de fundamentar as reflexões e pressupostos apresentados neste capítulo.

Nessa perspectiva, Baranauskas e Miskulin (1994) enfatizam que, o "exercício mental" do usuário do Logo Tridimensional, ao representar um objeto tridimensional no plano, pode ser explicitado através dos Estudos das Abstrações da teoria piagetiana, como se segue:

Ao se deslocar no espaço, o usuário coloca-se no lugar da tartaruga e, pouco a pouco, toma "conhecimento" dos próprios deslocamentos. Esse conhecimento é conseqüência de abstrações empíricas. À medida que se passa a refletir sobre a coordenação das ações realizadas durante os deslocamentos, esse conhecimento deixa de ser empírico e passa a ser pseudo-empírico (uma modalidade da abstração reflexiva), ou seja, um conhecimento que se dá a partir da coordenação das ações do sujeito enquanto realiza seus movimentos. Em uma análise mais complexa, ao se explicitar os processos cognitivos que geraram esses movimentos, passa-se para o campo das Abstrações Refletidas.

Nessa abordagem, Piaget e Inhelder (1993), na obra *Representação do Espaço na Criança*, descrevem o processo da representação do espaço, preconizando que

> "… a representação espacial é uma ação interiorizada e não simplesmente a imaginação de um dado exterior qualquer, resultado de uma ação. A representação espacial não chega, efetivamente, a prever esse resultado, e mesmo a reconstituir o de uma ação anterior, senão tornando-se ela mesma ativa, isto é, operando sobre os objetos simbolizados como a ação opera sobre os objetos reais ao invés de limitar-se a evocá-los." (p.474).

Na apresentação da obra acima citada, Fernando Becker refere-se à construção do espaço, mencionando que

> "O espaço não é, pois, uma forma a priori da sensibilidade externa ou da experiência como queria Kant. É construído pela abstração reflexionante em contraponto com a abstração empírica. Isto é, é construído a partir dos objetos, das ações e da coordenação das ações, em nível progressivamente representativo até o ponto em que esta representação se torne operatória, ou seja, reversível. E que esta reversibilidade seja completa; operatória formal, portanto."

Nessa mesma linha de pensamento, busca-se no trabalho de Fischbein (1993) concepções e idéias que possibilitem compreender o processo de **construir** e **representar** um conceito matemático. O autor citado refere-se às figuras geométricas como sendo entidades que possuem simultaneamente propriedades conceituais e figurais. Nesse sentido, afirma que uma esfera geométrica, por exemplo, é um ideal abstrato, entidade formalmente determinável, como todo conceito genuíno. Ao mesmo tempo, a esfera possui propriedades figurais, como a forma. A idealidade, isto é, a perfeição absoluta de uma esfera geométrica não pode ser encontrada na realidade. Assim sendo, conforme as palavras do autor, "nesta simbiose entre conceito e figura como é revelado nas entidades geométricas, é a imagem componente que

estimula novas direções de pensamento, mas há restrições lógicas e conceituais, que controlam o rigor formal do processo" (tradução da pesquisadora).

Nesse sentido, ao explicitar que, no curso de um processo de raciocínio produtivo, imagens e conceitos interagem intimamente, esse autor refere-se à Shepard (1978), quando esse descreve que a descoberta de uma nova idéia pode ser baseada em imagens ou imaginações disparadas por uma investigação teórica, e, esse último autor, referindo-se ao trabalho de Einstein, menciona que

> "Do começo ao fim, o trabalho de Einstein em física teórica foi marcado por uma interação entre a visualização perceptiva concreta, de um lado, e um implacável percurso em direção a princípios abstratos estéticos de simetria ou invariabilidade, de outro lado. Essa interação parece ter sido mediada não por deduções verbais, pontes lógicas ou formalismos matemáticos. Mas por arrojados saltos de intuição física e espacial." (Shepard[1], p.15, citado por Fischbein, 1993).

Nessa mesma perspectiva, no processo da descrição de objetos no espaço, deve-se ter em mente tanto as propriedades conceituais, quanto a forma do objeto a ser descrito. Entretanto, um objeto geométrico não se traduz apenas por um conceito. Conforme Fischbein (1993), a imagem visual é extremamente importante, pois ela possui uma propriedade que os conceitos, usualmente, não possuem, isto é, a imagem inclui a representação mental das propriedades do objeto.

Com o objetivo de explicitar as considerações acima, recorre-se a um exemplo desse mesmo autor,

> "Quando conceitualizamos, por exemplo, uma roda, a fim de descrever a sua redondeza, nós podemos ter não apenas a idéia de redondeza, não apenas uma imagem de uma roda associada a ela, mas também um terceiro tipo de construção que é a figura geométrica chamada círculo. Se temos que resolver um problema no qual devemos calcular, por exemplo, a distância coberta por um veículo, sabendo o raio de suas rodas, o número de rotações por unidade de tempo e o tempo gasto, os cálculos são feitos considerando um modelo abstrato de roda que não é nem uma imagem pura nem um puro conceito. Os conceitos não giram, não se movem, e imagens como essas não possuem a perfeição, a generalização, a abstração, a pureza que se supõem quando representam os cálculos. (…) em geral, todas as <u>figuras geométricas</u> representam <u>construções mentais</u> que possuem, simultaneamente, propriedades <u>conceituais</u> e <u>figurais</u>." (grifo e tradução da pesquisadora).

Um outro autor que aborda a visualização, em geometria tridimensional, é Gutiérrez (1996), que preconiza ser possível definir uma base teórica que caracteriza a atividade de visualização em Matemática. Para tanto, esse autor unifica as terminologias utilizadas por diversos autores, afirmando que

> "… com respeito ao vocabulário, os termos <u>imagem mental</u>, <u>imagem espacial</u> e <u>imagem visual</u> definidas por Yakimanskaya (1991), Dreyfus (1995) e Presmeg (1986), podem ser considerados como basicamente equivalentes, e os termos <u>visualização</u>, <u>imagens visuais</u>, e <u>pensamento espacial</u> podem ser também considerados como equivalentes." (grifo e tradução da pesquisadora).

O referido autor considera visualização em Geometria como o tipo de atividade de raciocínio baseada no uso de elementos visuais e espaciais, tanto mentais quanto físicos, desenvolvidos para resolver problemas ou provar propriedades. A visualização é integrada

---

[1] Shepard, R. N. (1978) *Externalization of mental images and the act of criation*. In: Randhawa, B. S., Coffmam, W. E. (Eds.) *Visual Learning, Thinking and Comunnication*. Cambridge, MA: MIT Press.

por quatro principais elementos, quais sejam: imagens mentais, representações externas, processos de visualização e habilidades de visualização.

Nesse sentido, menciona ainda que o trabalho de Dreyfus (1991), na plenária da 15th PME Conference[2], consistiu em uma chamada para os educadores matemáticos prestarem mais atenção à visualização e ao raciocínio visual no ensino da Matemática, à medida que ele tentou mostrar que "o raciocínio visual em Matemática é importante em seu próprio direito e, portanto, precisa-se desenvolver e dar total status às atividades matemáticas puramente visuais" (Dreyfus[3], 1991, p.46, citado por Gutiérrez (1996) (tradução da pesquisadora).

Ressalta-se que, no artigo de Gutiérrez (1996), delineou-se um modelo, caracterizando o campo da visualização em Geometria, e definiram-se seus quatro principais elementos: imagens mentais, representações externas, processos de visualização e habilidades de visualização. Esse autor menciona que, esse modelo é uma tentantiva de integrar e completar vários elementos previamente definidos por Presmeg (1986), Bishop (1983), Clements (1982) e outros que, parcialmente, explicaram as atividades dos professores e alunos quando eles usaram a visualização como um componente do ensino, da aprendizagem ou do raciocínio em Matemática. Por outro lado, no artigo citado acima, o referido autor mencionou que os níveis de aprendizagem de Van Hiele[4] fornecem a possibilidade de completar o modelo de visualização e incorporar a contribuição de atividades de visualização no contexto da importância na Matemática.

Uma outra pesquisa que enfatiza a representação de objetos no espaço refere-se a Pais (1994) o qual descreve que, no processo de representação plana do espaço tridimensional, pode-se distinguir quatro elementos que interferem na aprendizagem da Geometria, quais sejam: o objeto, o desenho, a imagem mental e o conceito. Esse autor acredita que o objeto e o desenho, pela natureza material que lhes é intrínseca, consistem nos elementos mais acessíveis à manipulação dos alunos, ou seja, o objeto e o desenho relacionam-se ao aspecto experimental do conhecimento geométrico. Por outro lado, o conceito e a imagem mental, por possuírem naturezas abstratas, consistem em elementos mais complexos, do ponto de vista didático. O conceito relaciona-se à racionalidade do conhecimento e, por sua vez, a imagem mental constitui-se em um dos elementos fundamentais no processo de representação de objetos no espaço.

Conforme as palavras de Pais:

> "… o sentido preciso da expressão imagem mental e sua função na representação do espaço estão ainda longe de serem elucidados do ponto de vista didático. Se recorrermos à psicologia cognitiva, vemos que Denis M. (1989) julga que essas imagens mentais **se acham no centro dos debates epistemológicos levantados pela psicologia científica contemporânea**."

---

[2] PME Conference : Psychological Mathematics Education Conference.

[3] Dreyfus, T. (1991) *On the Status of Visual Reasoning in Math and Math Ed*. In: Furinghetti, F. (Ed.) Proccedings of the 15th PME Conference. Genova, Italy: Univ. de Genova. Vol. 1, p.33-48.

[4] Os níveis de aprendizagem de Van Hiele denominados "visualização, "análise", "dedução informal, "dedução formal" e "rigor", descrevem características do processo de pensamento (Crowley, 1987).

Nessa abordagem, recorre-se aos trabalhos de Piaget e Inhelder (1993), quando esses autores descrevem sobre a importância da imagem mental na constituição do conhecimento, postulando que

> "… a imagem não poderia, por si mesma, desempenhar o papel ativo nesse ato do conhecimento: ela não é instrumento da assimilação como tal, mas expressão da acomodação que a acompanha. Ela não desempenha, portanto, senão um papel de significante, ou de símbolo em relação ao ato. Papel importante, aliás, pois é na medida em que a ação material pode ser evocada por essa imitação interior constituída pela imagem que tal ação torna-se representativa." (p.476).

Convém observar que essas concepções permeiam o processo de construção e de representação de objetos no micromundo tridimensional, como será explorado no Capítulo 8 desta pesquisa. Acredita-se que uma das maneiras de visualizar o espaço tridimensional consiste na construção de objetos que elucidem os conceitos espaciais. Nesse sentido, Pohl (1994) preconiza que, construindo poliedros, os alunos vivenciam oportunidades de observar, explorar e compreender relações espaciais.

Assim sendo, com essas perspectivas em mente, objetivando elucidar as concepções e os pressupostos acima descritos sobre o processo de visualização, de representação e de construção de objetos, apresentam-se, a seguir, algumas situações-problema desenvolvidas no ambiente do Logo Tridimensional.

6.2) Construção de Figuras Geométricas Planas Regulares com o Logo Tridimensional

Apresenta-se a seguinte situação-problema: *Construir figuras geométricas planas regulares no ambiente do Logo Tridimensional.*

O processo de resolução do problema proposto inicia-se com a construção de quadrados[5] construindo-se, **no plano da tela** e em **planos fora desta** (planos paralelos, planos perpendiculares e planos oblíquos à tela), quadrados em diferentes posições e observando as suas representações na tela do computador. Objetiva-se, dessa forma, a elaboração e a exploração de diferentes estratégias de resolução de problemas, nas quais serão utilizados os comandos de **deslocamento** e de **rotação** da tartaruga geométrica tridimensional.

6.2.1) Construção de Quadrados no Plano Coordenado *xy*[6]

Objetivando buscar uma solução para a tarefa proposta — **construção da representação de quadrados no plano coordenado *xy*** (ou plano da tela do monitor) —, inicia-se o processo de resolução do problema, trabalhando com os comandos **ande** e **vire**, os quais se constituem nos únicos comandos do Logo Tridimensional que possuem comandos correspondentes no Logo Bidimensional. Os comandos **ande** e **vire**, quando utilizados com argumentos **positivos**, possuem como correspondentes, no contexto bidimensional, os

[5] É importante lembrar que as estratégias utilizadas nas situações-problema, poderão ser adaptadas à construção de diferentes polígonos regulares.

[6] Ressalta-se que o **plano coordenado *xy***, nesse contexto, **coincide** com o **plano da tela** e com o **plano de representação** no qual o Logo Tridimensional representa as figuras e os objetos construídos no espaço. Nesse sentido, serão utilizadas as diferentes terminologias ao se referir ao mesmo plano.

comandos **parafrente** e **paraesquerda**, respectivamente, e, quando utilizados com argumentos **negativos**, têm como correspondentes os comandos **paratrás** e **paradireita**. Propõe-se, nesse momento, explorar as ações desses comandos e analisar os resultados obtidos, para, posteriormente, explorar as ações dos comandos **cabeceie** e **role** e, em seguida, processar a análise dos resultados obtidos.

6.2.1.1) Utilização do Comando vire com Argumento Positivo (1ª estratégia)

Uma das possíveis estratégias utilizadas na construção de quadrados trata-se da obtida na elaboração do programa **quadra1**, descrito a seguir, com resultado apresentado na Figura 6.1.

```
ap quadra1
repita 4 [ ande 50 vire 90 ]
fim
```

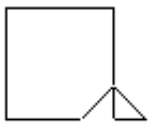


Figura 6.1 – Quadrado construído com o programa **quadra1**

Na construção do quadrado, representado na Figura 6.1, a tartaruga, em seu **estado inicial**, partiu do **centro da tela**, **direcionada para cima**, ao longo do eixo ***y***. Ressalta-se que, quando não forem definidas novas condições para o estado inicial da tartaruga, esta será a condição de partida da tartaruga.

Evidencia-se que, na estratégia acima, a utilização do comando **vire**, em seqüência ao comando **ande**, propicia mudança de direção da tartaruga antes da execução de novo deslocamento. Esse procedimento é fundamental para a construção do quadrado, pois, sem ele, a tartaruga desenharia, na tela do computador, segmentos consecutivos de uma mesma reta.

Com a representação do sistema de eixos coordenados ***x y***, centrado na área de trabalho do *SLogoW*, a figura acima passa a ser representada pela Figura 6.2, apresentada a seguir. Ressalta-se que o sistema de eixos, apesar de não aparecer na tela do monitor, foi construído com o objetivo de auxiliar o entendimento e a interpretação da figura resultante da ação da tartaruga, ao executar o programa **quadra1**.

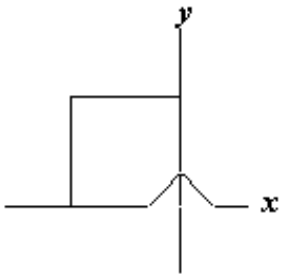


Figura 6.2 – Quadrado construído com o programa **quadra1** com a representação dos eixos ***x y***

Analisando a Figura 6.2, observa-se que o quadrado foi construído no segundo quadrante do sistema de eixos coordenados ***x y***, e que o estado final da tartaruga coincide com o estado inicial, ou seja, a tartaruga está no centro do sistema de eixos ***x y***, portanto, no centro da área de trabalho, direcionada para cima. Durante a construção do quadrado, o giro da tartaruga ocorreu no sentido anti-horário, decorrência da ação do comando **vire 90**.

Com a eliminação da tartaruga aparente na tela, através da utilização do comando **invisível**, obtém-se o quadrado, representado na Figura 6.3 a seguir.

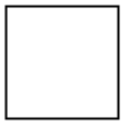


Figura 6.3 – Quadrado construído com os comandos **ande** e **vire** (1ª estratégia)

6.2.1.2) Utilização do Comando Vire com Argumento Negativo (2ª estratégia)

Ainda no processo de resolução do problema proposto, ressalta-se que, com a utilização dos comandos **ande** e **vire**, outra estratégia possível de ser utilizada na construção de quadrados apresenta-se expressa no programa **quadra2**.

```
ap quadra2
repita 4 [ ande 50 vire -90 ]
fim
```

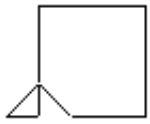


Figura 6.4 - Quadrado construído com o programa **quadra2**

Com a representação dos eixos coordenados ***x y***, a figura resultante apresenta-se ilustrada na Figura 6.5 a seguir.

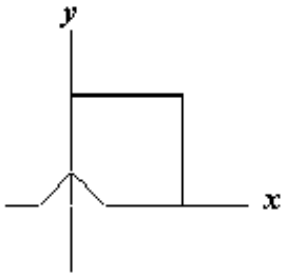


Figura 6.5 – Quadrado construído com o programa **quadra2** com a representação dos eixos ***x y***

Analisando a Figura 6.5 acima, observa-se que o quadrado foi construído no primeiro quadrante, com a tartaruga partindo e retornando ao centro do sistema de eixos coordenados ***x y***, portanto, no centro da área de trabalho, direcionada para cima; ou seja, **o estado final coincide com o estado inicial**. Durante a construção do quadrado, o giro da tartaruga ocorreu no sentido horário, fato esse decorrente da ação do comando **vire -90**.

Com a eliminação da tartaruga, obtém-se o quadrado, representado na Figura 6.6 a seguir.

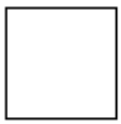


Figura 6.6 – Quadrado construído com os comandos **ande** e **vire** (2ª estratégia)

6.2.1.3) Análise dos Resultados Obtidos com a Utilização da 1ª e da 2ª Estratégia

Observando as Figuras 6.2 e 6.5, figuras resultantes da aplicação da 1ª e da 2ª estratégia, com a representação dos eixos coordenados ***x y***, nota-se que elas foram construídas em diferentes posições na tela. Enquanto a **primeira** foi construída no **segundo quadrante** do sistema definido pelo eixos coordenados ***x y***, a **segunda** foi construída no **primeiro quadrante** do mesmo sistema de eixos coordenados.

Comparando as Figuras 6.3 e 6.6, as quais foram obtidas a partir das Figuras 6.1 e 6.4, através da eliminação da tartaruga, constata-se que ambas possuem a mesma forma e o mesmo tamanho.

Nesse sentido, conclui-se que ambas as estratégias atendem ao problema proposto, se o objetivo a ser alcançado for a construção de um quadrado em qualquer posição na tela, ou seja, se não houver a intenção de se posicionar e, tampouco, de se coordenar a figura obtida com outra.

Esse resultado elucida ao usuário as potenciabilidades do ambiente Logo que, por seu aspecto interativo, possibilita-lhe criar suas próprias estratégias de resolução de problemas, desenvolvendo sua criatividade, ao mesmo tempo que envolve-se em um processo de construção de conceitos geométricos.

Analisando os procedimentos utilizados, recorre-se ao conceito de **sintonicidade corporal** e, assim sendo, observa-se que, durante a construção do quadrado, em ambas as estratégias, a tartaruga percorreu o plano da tela por fora desta, deixando seu rastro no contato de sua barriga com o plano, girando no sentido anti-horário, quando construiu a Figura 6.1, e, girando no sentido horário, quando construiu a Figura 6.4. Constata-se que as duas estratégias utilizadas reproduzem na tela, desenhos de quadrados, realizados em uma folha de papel, utilizando-se lápis, régua e esquadro.

Tal conceito é extremamente importante, pois o usuário, colocando-se no lugar da tartaruga para descrever suas ações, transpõe seu corpo ao dela e, dessa maneira, compreende os movimentos necessários que ela terá que fazer para descrever objetos no espaço.

Sobrepondo as Figuras 6.2 e 6.5, fazendo coincidir o sistema de eixos ortogonais, obtém-se a Figura 6.7, apresentada abaixo. Analisando tal figura, observa-se haver uma **simetria** dos quadrados representados, sendo o eixo vertical ***y***, o **eixo de simetria**. Da mesma forma, ao analisarem-se os procedimentos relativos aos programas: **quadra1** e **quadra2**

observa-se que a **simetria** também ocorre durante o **processo da construção** dos dois quadrados .

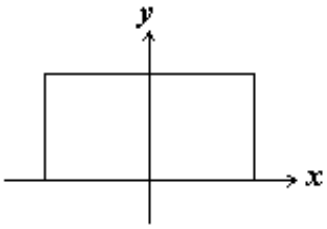


Figura 6.7 – Composição dos quadrados construídos com os programas **quadra1** e **quadra2**

Ressalta-se que, se os dois programas computacionais: **quadra1** e **quadra2**, fossem executados ao mesmo tempo, o resultado obtido na tela seria igual ao da construção de um dos quadrados, com um espelho plano perpendicular ao plano da tela do monitor sobre o eixo ***y***, o eixo de interseção (do espelho com o plano da tela). A composição do quadrado construído na tela, com sua imagem obtida no espelho, reproduziria a Figura 6.7.

Pode-se pois concluir que, durante a construção de figuras geométricas planas, com a utilização dos comandos **ande** e **vire**, mantendo-se o deslocamento longitudinal (**ande**) e utilizando-se o **simétrico do argumento** do comando de giro (**vire**), a figura geométrica obtida é **simétrica** à figura construída com o comando de giro com argumento positivo, no qual o eixo vertical ***y*** é o **eixo de simetria**. Tal fato já foi enunciado pelo teorema da Simetria, apresentado por Reggini, e abordado no Item 4.7.4, do Capítulo 4 desta pesquisa.

Enfatiza-se, nesse contexto, que esses resultados são extremamente importantes do ponto de vista educacional, à medida que os professores dessa área podem utilizá-los com o objetivo de introduzir conceitos geométricos inerentes à **Geometria das Transformações** (rotação, translação e reflexão) e, além disso, explorar conceitos sobre **simetria no plano**.

Nessa mesma linha de raciocínio, apresenta-se uma outra situação problema.

6.2.1.4) Construção do Quadrado em Diferentes Posições em Relação ao Sistema de Eixos Coordenados *x y* com os Comandos ande e vire

A utilização adequada dos procedimentos empregados a seguir torna possível mudar a posição em que figuras planas são construídas em relação ao sistema de eixos coordenados ***x y***, e, portanto, em relação ao centro da área de trabalho.

Durante a análise das Figuras 6.2 e 6.5, construídas com os programas **quadra1** e **quadra2**, respectivamente, evidenciou-se que, partindo a tartaruga com o mesmo estado inicial, diferentes estratégias podem levar à construção do quadrado em diferentes posições em relação ao sistema de eixos coordenados ***x y***. Esse fato possibilita ao usuário explorar o espaço da tela em que a tartaruga se insere, criando novas estratégias e até mesmo novos problemas.

Uma outra estratégia para resolver o problema proposto está associada à **mudança no estado inicial da tartaruga**. Estando a tartaruga no centro da área de trabalho e direcionada para cima, ao se ordenar à tartaruga **rotacionar** (**vire**) antes da execução do programa

quadra1, a figura resultante será construída em uma **diferente posição da tela** (diferente quadrante do sistema de eixos coordenados ***x y***). Por exemplo, a introdução do comando **vire 90**, antes do programa **quadra1** resultará em um **quadrado construído no terceiro quadrante**, como ilustrado na Figura 6.8, no qual o sistema de eixos ***x y*** está representado. Ressalta-se que a utilização do comando **vire**, com um argumento diferente de um múltiplo de 90 (90 º, 180 º e 270 º), resultará em um quadrado construído em **dois quadrantes sucessivos**, e não mais em somente um quadrante, como nos casos acima.

vire 90 quadra1

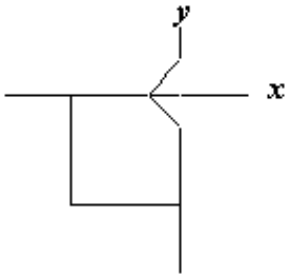


Figura 6.8 – Quadrado construído no 3º quadrante com o programa **quadra1**

Observa-se que o comando **vire** está sempre associado à **rotação de figuras planas** (no plano que se encontra a tartaruga), tópico pertencente à **Geometria das Transformações**.

Nota-se que, nas estratégias utilizadas até o presente momento, **um dos vértices do quadrado ocupa o centro do sistema** de eixos coordenados. Assim sendo, cabe o seguinte questionamento: Qual o procedimento que faz coincidir o **centro do quadrado** com o **centro do sistema de eixos coordenados?**

Para resolver a situação proposta acima, antes da execução do programa **quadra1**, que constrói o quadrado, deve-se mudar a posição da tartaruga (estado inicial) para o ponto de coordenadas (***lado/2, -lado/2***), na qual ***lado*** representa a medida do lado do quadrado. Esse procedimento pode ser obtido com o uso da **tartaruga cartesiana** (comandos **mudepos3d** ou **mudex3d** e **mudey3d**), ou, por exemplo, movendo a tartaruga com o procedimento descrito abaixo, no qual se utilizam comandos da **tartaruga geométrica**.

ap posição1
un ande -25 vire -90 ande 25 **vire 90** ul
fim

Nesse momento, executam-se os programas: **posição1** e **quadra1**, e, assim sendo, obtém-se a Figura 6.9, a seguir.

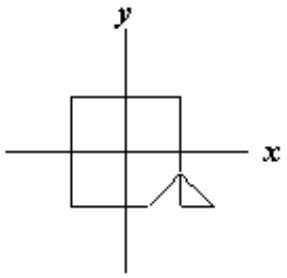


Figura 6.9 – Quadrado construído com o programa **quadra1** com
o seu centro coincidindo com o centro do sistema de eixos

No processo de resolução do problema proposto, ressalta-se que, com a utilização do programa **quadra2**, pode-se elaborar a seguinte estratégia apresentada a seguir (**posição2**).

```
ap posição2
un ande -25 vire 90 ande 25 vire -90 ul
fim
```

No procedimento **posição2** acima, muda-se a posição inicial da tartaruga (estado inicial) do centro da área de trabalho, para o ponto de coordenadas (-***lado/2***, ***lado/2***) no qual ***lado*** representa a medida do lado do quadrado.

Nesse momento, executam-se os programas: **posição2** e **quadra2**, e, assim sendo, obtém-se a Figura 6.10, a seguir.

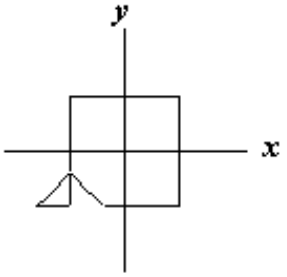


Figura 6.10 – Quadrado construído com o programa **quadra2** com
o seu centro coincidindo com o centro do sistema de eixos

Uma outra possibilidade de se resolver o problema proposto traduz-se pela apresentação de um **procedimento genérico**, o qual possibilita a mudança da tartaruga do **centro do sistema de eixos** — direcionada para cima — para **a posição de coordenadas (x, y**), sem alterar sua direção.

```
ap posição :x :y
un vire -90 ande :x vire 90 ande :y ul
fim
```

Como exemplo de aplicação da estratégia genérica de **mudança de posição** da tartaruga, pode-se construir o quadrado de forma tal que seu vértice inferior esquerdo esteja

sobre o ponto de coordenadas (150 100), utilizando-se o procedimento abaixo, com resultado ilustrado na Figura 6.11 a seguir.

posição 150 100 quadra2

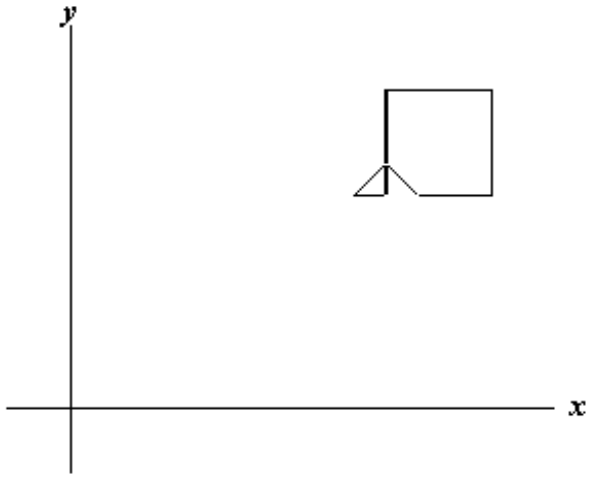


Figura 6.11 – Quadrado com vértice inferior esquerdo no ponto (150 100)

Ressalta-se que o procedimento — **posição 150 100 quadra1** — resulta em um quadrado construído em posição diferente em relação ao sistema de eixos coordenados ***x y***, no qual o vértice inferior direito (ponto de partida da tartaruga) ocupa a posição de coordenadas (150 100).

Observa-se que, com a eliminação das tartarugas nos quadrados representados nas Figuras 6.9, 6.10 e 6.11 e, comparando-os entre si e com os representados nas Figuras 6.3 e 6.6, obtém-se o mesmo resultado, ou seja, **os quadrados apresentam as mesmas dimensões**. Esse fato ocorre, pois, **a representação de projeções de figuras construídas no plano de representação (plano da tela) coincide com a própria figura**.

Na utilização do programa **posição**, apresentado acima, estão associados conceitos de **translação de figuras no plano**, tópico pertencente à **Geometria das Transformações**.

Enfatiza-se que, no Logo Bidimensional, também se encontram recursos que possibilitam o estabelecimento de estratégias correspondentes às utilizadas até o presente momento, neste capítulo. É interessante notar que, com o **Logo Bidimensional**, podem ser obtidos na tela os mesmos resultados produzidos com o **Logo Tridimensional**, ou seja, **o resultado não está na figura resultante**, mas sim, **na interpretação que o sistema de reconhecimento de imagens do ser humano fornece**. O **procedimento computacional** que gerou tal figura é que **define** o objeto, pois contém a **descrição espacial** deste.

Convém observar que, desse momento em diante, serão explorados resultados possíveis de se obter somente no ambiente do Logo Tridimensional.

6.2.1.5) Explorações das Ações dos Comandos role e cabeceie

Ainda na resolução do problema proposto – **Construção do Quadrado em Diferentes Posições em Relação ao Sistema de Eixos Coordenados *x y* –**, antes de explorar uma 3ª estratégia, na qual o comando **vire será substituído pela combinação dos comandos role** e **cabeceie**, procurar-se-á elucidar **as ações** destes dois últimos comandos.

A ação do comando **role**, com argumento **positivo**, faz com que a tartaruga role, da **esquerda para a direita**, ao redor do seu eixo longitudinal (eixo ***i***), um ângulo correspondente ao valor do argumento do comando **role**, no ponto em que ela se encontra, quando recebe tal comando. Por exemplo, estando a tartaruga em sua posição inicial no centro da tela e direcionada para cima, o comando **role 90** faz com que ela se posicione em um **plano perpendicular ao plano da tela**, cuja **interseção** entre ambos, coincide com o **eixo *y*** do sistema de eixos ortogonais ***x y z***, centrado na tela do monitor. A tartaruga permanece direcionada para cima, estando posicionada à direita da linha de interseção, com sua carapaça voltada para a direita, e as suas ações passam a ocorrer sobre o plano vertical ***yz***.

Da mesma forma, a ação do comando **role**, com argumento **negativo**, faz com que a tartaruga role, **da direita para a esquerda**, um ângulo correspondente ao módulo do argumento do comando **role**, ao redor do seu eixo longitudinal. Por exemplo, estando no centro da área de trabalho e voltada para cima, o comando **role -90** faz com que a tartaruga se posicione em um plano coincidente com o plano definido pelos eixos ***y*** e ***z***, do sistema de eixos ortogonais ***x y z***, porém à esquerda do eixo ***y***, direcionada para cima, com sua carapaça voltada para a esquerda. No lado esquerdo do plano vertical ***yz*** é que as ações da tartaruga passarão a ocorrer.

Dessa forma, o comando **role 180** (ou **role -180**) faz com que a tartaruga dê meia volta em torno do seu eixo longitudinal (eixo *i*), posicionando-se atrás do plano da tela. Imaginando-se o plano da tela como sendo transparente, a figura que se vê corresponde à sua barriga (parte debaixo da tartaruga), delineada pelo contorno da tartaruga, em forma triangular. É no plano da tela, na face de trás, que ocorrerão as ações da tartaruga.

Fazendo-se uma analogia entre a **tartaruga** com a **palma da mão direita** e a **tela do computador** com a **superfície plana envidraçada de uma janela**, antes da execução do comando **role 180**, com os movimentos realizados com a palma da mão em contato com a superfície envidraçada, pode-se reproduzir os movimentos da tartaruga na tela. Mantendo-se do lado de dentro do ambiente, e colocando-se a palma da mão direita em contato com a superfície externa da área envidraçada da janela, com o braço, por baixo da aresta que delimita a parte inferior da superfície envidraçada, os dedos estarão direcionados para cima. Nessa situação, os movimentos realizados com a mão podem reproduzir os movimentos da tartaruga na tela, após a realização do comando **role 180**. O dedão, que antes da execução do comando **role**, posicionava-se voltado para o lado **esquerdo**, agora posiciona-se voltado para o lado **direito**. Evidencia-se o resultado deste último fato nos exemplos que seguem:

- Exemplo1: A execução do comando **role 180**, antes da execução do programa **quadra1**, resulta em uma figura semelhante à Figura 6.4, produzida pelo programa **quadra2**. A tartaruga, representada por um triângulo, está sendo vista pela sua face inferior (pela sua barriga).

- Exemplo *2*: A execução do comando **role 180**, antes da execução do programa **quadra2**, resulta em uma figura semelhante à Figura 6.1, produzida pelo programa **quadra1**. Novamente, a tartaruga está sendo vista pela sua face inferior (pela sua barriga).

Com essas observações, constata-se que as figuras construídas com o procedimento **quadra1** e com o procedimento **role 180 quadra1**, são simétricas. Da mesma forma, as figuras construídas com o procedimento **quadra2** e com o procedimento **role 180 quadra2**, são simétricas. É possível pois, criarem-se novas estratégias para a construção de figuras com **simetria bilateral**, como a apresentada na Figura 6.7, sendo ***y*** o eixo de simetria.

Seguindo a mesma de linha de raciocínio acima, a ação do comando **cabeceie**, com argumento **positivo**, faz com que a tartaruga cabeceie para **dentro** da tela do monitor, ao redor do seu eixo transversal (eixo ***j***), um ângulo correspondente ao valor do argumento do comando **cabeceie**, na posição em que ela se encontra. Por exemplo, estando a tartaruga em sua posição inicial, ou seja, no centro da área de trabalho e voltada para cima, o comando **cabeceie 90** faz com que ela se posicione em um plano perpendicular ao plano da tela. A interseção deste plano, com o plano da tela, coincide com o eixo ***x*** do sistema de eixos ortogonais ***x y z***, centrado na tela do monitor. A tartaruga fica direcionada para dentro da tela, posicionada sobre o novo plano, com sua carapaça voltada para cima. É sobre o plano horizontal, plano este que coincide com o plano definido pelos eixos ***x z*** do sistema de eixos ortogonais ***x y z***, que as ações da tartaruga passam a ocorrer.

Do mesmo modo, a ação do comando **cabeceie,** com argumento **negativo**, faz com que a tartaruga cabeceie **para fora da tela**, ao redor do seu eixo transversal (eixo ***j***), um ângulo correspondente ao módulo do argumento **negativo** do comando **cabeceie**. Por exemplo, estando no centro da área de trabalho e voltada para cima, o comando **cabeceie -90** faz com que a tartaruga se posicione em um plano coincidente com o plano definido pelos eixos ***x z*** do sistema de eixos ortogonais ***x y z***, (plano horizontal, perpendicular à tela do monitor, à sua frente). Assim sendo, a tartaruga fica direcionada com **a cabeça para fora da tela**, posicionada embaixo do novo plano, com sua carapaça voltada para baixo, portanto, com a sua barriga, voltada para cima. Uma vez que a tartaruga não pode desenhar de costas, é na parte debaixo do plano horizontal, que as ações da tartaruga passam a ocorrer.

O comando **cabeceie 180** faz com que a tartaruga dê meia volta em torno do seu eixo transversal(eixo ***j***), posicionando-se atrás do plano da tela, direcionada para baixo. Assim como na situação associada ao comando **role**, a figura que se vê corresponde à sua barriga, delineada pelo contorno da tartaruga, em forma triangular. É no lado de trás da tela que ocorrerão as ações da tartaruga.

Fazendo-se uma analogia entre a **tartaruga** com a **palma da mão direita** e **a tela do computador** com **a superfície plana envidraçada de uma janela**, antes da execução do comando **cabeceie 180**, com os movimentos realizados com a palma da mão em contato com a superfície envidraçada, pode-se **reproduzir os movimentos da tartaruga na tela**. Mantendo-se do lado de dentro do ambiente, e colocando-se a palma da mão direita em contato com a superfície externa da área envidraçada da janela, com o braço sobre a aresta que delimita a parte superior desta superfície, os dedos estarão direcionados para baixo. Nessa situação, os movimentos realizados com a mão podem reproduzir os movimentos da tartaruga

na tela, após a realização do comando **cabeceie 180**. O dedão, antes, e após o novo posicionamento da mão, está voltado para o lado esquerdo.

Por exemplo, a execução do comando **cabeceie 180**, **antes da execução do programa quadra1**, resulta em uma figura simétrica à Figura 6.2 (**quadra1**), sendo ***x*** o eixo de simetria, ou seja, um quadrado construído no **terceiro quadrante**. Esse fato significa a possibilidade de se construírem **figuras simétricas**, em relação a um eixo horizontal de **simetria** (reflexão). Trata-se pois, de uma variação no Teorema da Simetria, enunciado por Reggini (1986), o qual postula que: "Se em um procedimento que produz uma figura se mantém as longitudes e se invertem os sentidos dos giros dos ângulos, obtém-se a imagem espectral da figura original.". Observa-se que esse teorema relaciona-se à simetria, com o eixo vertical de **simetria** e o resultado acima, relaciona-se à simetria, com o eixo horizontal de **simetria**.

Apresenta-se, a seguir, uma nova estratégia (3ª estratégia) na resolução do problema proposto – **Construção do Quadrado em Diferentes Posições em Relação ao Sistema de Eixos Coordenados *x y***.

6.2.1.6) Utilização do Comando cabeceie com Argumento Positivo (3ª estratégia)

É bom lembrar que na 1ª e na 2ª estratégias, anteriormente exploradas na construção do quadrado (programas: **quadra1** e **quadra2**), foram utilizados os comandos **ande** e **vire**. A ação do comando **vire**, em seqüência ao comando **ande**, propicia **mudança de direção** da tartaruga **sem alteração em sua posição**, antes da ocorrência de novo deslocamento longitudinal. Existe, porém, no Logo Tridimensional, outro comando de rotação que também **altera a direção da tartaruga**, **sem alterar sua posição**, como já visto no Capítulo 5 desta pesquisa. Trata-se do comando **cabeceie**.

A substituição do comando **vire** pelo comando **cabeceie**, nos procedimentos apresentados na 1ª e na 2ª estratégias (**quadra1** e **quadra2**), propicia mudanças de soluções na **construção de quadrados**, cujos resultados visíveis na tela **não se mostram como quadrados**, uma vez que esses **passam a ser construídos em um plano vertical**, **perpendicular à tela**. Obtêm-se, desse modo, **projeções** do quadrado, na tela, expressas **por segmentos de reta**.

Com o objetivo de obter um novo procedimento que utilize os comandos **ande** e **cabeceie** e construa quadrados no plano coordenado ***x y***, ou seja, no **plano da tela**, necessita-se "rotacionar" o plano de construção em 90º, para que esse plano passe a coincidir com o plano da tela. Consegue-se o efeito desejado com a utilização do comando **role**, como empregado no procedimento abaixo, com resultado representado na Figura 6.12.

```
ap quadra3
role  90
repita 4 [ ande 50 cabeceie 90 ]
fim
```

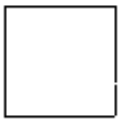


Figura 6.12 – Quadrado construído com o programa **quadra3**

Observa-se que, na figura acima, a tartaruga não está visível, apesar de ter sido mantida na tela, em seu estado final. Tal efeito ocorre devido ao fato de estar sendo utilizado um **triângulo na representação da tartaruga** e esta, estar posicionada em **um plano perpendicular ao plano da tela** (resultado decorrente da ação do comando **role 90** no programa **quadra3**).

Representando na figura acima, o sistema de eixos coordenados ***x y***, centrado na área de trabalho, obtém-se a Figura 6.13 apresentada a seguir.

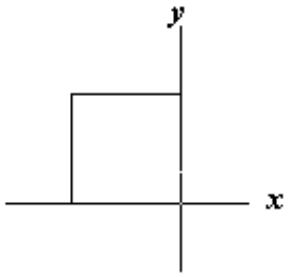


Figura 6.13 – Quadrado construído com o programa **quadra3** com a representação dos eixos ***x y***

Analisando a Figura 6.13, observa-se que o quadrado foi construído no segundo quadrante, assim como o quadrado obtido com o programa **quadra1**.

Analisando os procedimentos utilizados na elaboração do programa **quadra3**, observa-se que, partindo com a tartaruga do centro da tela e direcionada para cima, o comando **role 90** fez com que **a tartaruga rotacionasse 90 graus** da esquerda para a direita. Como resultado das ações dos comandos **ande** e **cabeceie**, o quadrado representado na Figura 6.13, foi construído no **plano da tela**. Durante a construção do quadrado a tartaruga percorreu seus lados por fora da figura, no sentido anti-horário deixando seu rastro no contato de sua barriga com a ínfima dimensão de profundidade do quadrado.

Essa situação pode ser reproduzida com os movimentos da mão. Para tanto, o usuário pode imaginar-se recortando um quadrado construído em cartolina ao longo de suas arestas e recorrendo ao conceito de **sintonicidade corporal**, percorrer o seu contorno com a palma da mão direita, de forma que esta se posicione perpendicular ao quadrado recortado. Essa situação metafórica reproduz os movimentos da tartaruga necessários para a construção do quadrado no plano da tela do monitor. Nesse sentido, evidencia-se, nos procedimentos acima, a **diferença entre** a **representação** de uma figura no plano e a **existência real** de uma figura (objeto manipulável). Enquanto a **representação** de uma figura é o **desenho** desta sobre uma superfície, **ao recortá-la** passa-se para a **existência** dessa figura que, apesar da ínfima espessura da cartolina, pode ser manuseada. É possível até não se considerar a terceira

dimensão, representada pela espessura da cartolina, mas, nela, é possível o deslocamento da tartaruga.

Eliminando-se a tartaruga, presente na Figura 6.13, obtém-se como resultado um quadrado idêntico aos quadrados representados pelas Figuras 6.3 e 6.6, construídos com as estratégias anteriores. Observa-se pois, que existem várias estratégias para se construir um quadrado na tela do monitor.

Apresenta-se, a seguir, uma diferente estratégia para solucionar o problema proposto.

6.2.1.7) Utilização do Comando cabeceie com Argumento Negativo (4ª estratégia)

No processo de resolução do problema proposto – **Construção do Quadrado em Diferentes Posições em Relação ao Sistema de Eixos Coordenados *x y*** –, observa-se que na elaboração do programa **quadra3**, na constituição da 3ª estratégia, utilizou-se o comando **cabeceie**, com argumento positivo. Elabora-se, nesse momento, uma 4ª estratégia, na qual se mantém os mesmos comandos do programa **quadra3**, com exceção do comando **cabeceie**, que na atual estratégia passa a ter um argumento **negativo**, cria-se, dessa forma, o programa **quadra4**, abaixo descrito.

```
ap quadra4
role 90
repita 4 [ ande 50 cabeceie -90 ]
fim
```

Nesse momento da resolução surge uma questão: *O procedimento computacional quadra4, a ser utilizado na construção do quadrado, (comando* **cabeceie***, com argumento* ***negativo****) resultará em um quadrado construído no primeiro quadrante?*

Com o objetivo de solucionar esse questionamento apresenta-se o resultado representado na Figura 6.14, construída com o programa **quadra4**, e a Figura 6.15, sendo que nesta última foram adicionados os eixos coordenados ***x y***.

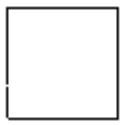


Figura 6.14 – Quadrado construído com o programa **quadra4**

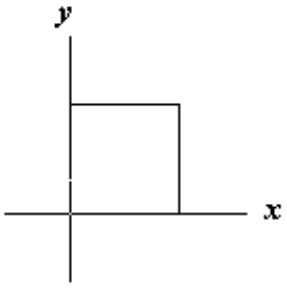


Figura 6.15 – Quadrado construído com o programa **quadra4** com a representação dos eixos ***x y***

Observando as Figuras 6.14 e 6.15, conclui-se que, do ponto de vista matemático, o questionamento foi atendido, isto é, a **figura resultante é um quadrado**, e foi construído no primeiro quadrante.

Analisando os procedimentos que geraram a Figura 6.14 verifica-se que o quadrado foi construído no sentido horário. Recorrendo ao conceito de **sintonicidade corporal**, constata-se que, durante a construção do quadrado, representado nas Figura 6.14 e 6.15 (programa **quadra4**, **cabeceie negativo**), a tartaruga percorreu o contorno do quadrado "de costas" em lugar de fazê-lo "de barriga" como ocorreu com o procedimento **quadra3**. Como a tartaruga não se desloca "de costas", pois sua carapaça não lhe permite, a única explicação possível é que a tartaruga percorreu seus lados por dentro do quadrado, deixando o seu rastro no contato de sua barriga com o plano. Esse fato foi possível na tela do computador, pois a tartaruga representada é um ente abstrato e obedece aos comandos do usuário. Entretanto, não se encontra uma interpretação real correspondente para o fato de a tartaruga **percorrer o quadrado por dentro da figura**, uma vez que foi violada a **lei da interpenetração de corpos**.

Ressalta-se que, do ponto de vista de utilização do Logo, respeitando-se o conceito de sintonicidade corporal, os procedimentos do programa **quadra4 não se constituem em uma estratégia para a construção de quadrados**. Assim sendo, na construção de figuras planas convexas[7] não se deve utilizar o comando **cabeceie**, com argumento **negativo**. Uma análise mais elaborada das implicações decorrentes da utilização do comando **cabeceie**, com argumento negativo pode ser encontrada em Miskulin (1994a, p.226-229).

6.2.1.8) Construção do Quadrado com os Comandos ande e cabeceie em Diferentes Posições em Relação ao Sistema de Eixos Coordenados *x y*

Os procedimentos empregados no item 6.2.1.4, durante a **construção do quadrado em diferentes posições em relação ao sistema de eixos coordenados *x y*,** também se aplicam quando a estratégia de construção do quadrado envolve a utilização dos comandos **role**, **ande** e **cabeceie**. Assim sendo, o procedimento — **posição1 quadra3** — faz coincidir o centro do quadrado construído com o centro do sistema de eixos coordenados ***x y***. A representação do quadrado assim construído coincide com a da Figura 6.9. Nota-se que, na presente situação, a tartaruga, em seu estado final, ocupa a mesma posição que a anterior, mas com sua carapaça voltada para a direita.

Apresenta-se, a seguir, uma outra situação problema, objetivando elucidar o leitor quanto à possibilidade da aplicabilidade das estratégias acima delineadas à construção de diferentes figuras planas regulares.

6.2.2) Construção da Representação de Figuras Geométricas Planas Regulares no Plano Coordenado *xy*

Como já mencionado anteriormente, as estratégias e procedimentos empregados durante a construção do quadrado, devidamente adequados, podem ser empregados na

[7] Figuras Convexas – do ponto de vista matemático, uma figura geométrica é convexa quando, ao se passar por ela uma reta, esta corta o seu contorno em somente dois pontos. Uma outra definição seria: polígono convexo é aquele em que todos os ângulos internos são menores que 180^o.

construção de outras figuras geométricas planas regulares. Assim sendo, o programa genérico abaixo apresentado, elaborado a partir de uma adaptação da 3ª estratégia (**quadra3**) utilizada na construção do quadrado, fornece uma das estratégias possíveis de se utilizarem na solução da presente tarefa.

```
ap poli :numlados :perimetro
role 90
repita :numlados [ ande :perimetro / :numlados  cabeceie 360 / :numlados ]
fim
```

no qual:

poli representa a figura geométrica plana regular a ser representada na tela,

numlados corresponde ao número de lados, e é a primeira variável do programa,

perimetro corresponde ao número total de passos da tartaruga (perímetro) a ser percorrido durante a construção da figura, e é a segunda variável do programa.

Ilustra-se, abaixo, o uso do programa **poli** na construção de alguns polígonos regulares isoperimétricos. As respectivas representações encontram-se nas figuras que seguem a cada procedimento.

Triângulo: poli 3 200

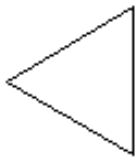


Figura 6.16 – Triângulo construído com o programa **poli**

Pentágono: poli 5 200

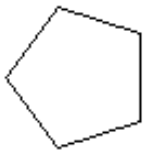


Figura 6.17 – Pentágono construído com o programa **poli**

Octógono: poli 8 200

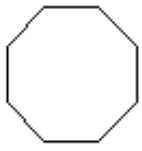


Figura 6.18 – Octógono construído com o programa **poli**

Polígono com 36 lados: poli 36 200

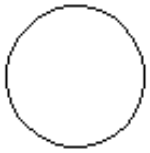


Figura 6.19 – Polígono de 36 lados construída com o programa **poli**

Polígono com 360 lados: poli 360 200

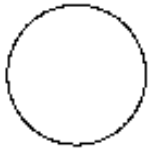


Figura 6.20 – Polígono com 360 lados construído com o programa **poli**

Durante a construção dessas figuras, a tartaruga percorreu as arestas por fora, no sentido anti-horário. Observa-se que o procedimento computacional acima pode ser empregado também na representação de um círculo, entendido como sendo um polígono regular com um número muito grande de lados (Figura 6.20).

Ressalta-se, nesse momento, que se passará a trabalhar em **planos paralelos ao plano da tela** e, desse modo, **a tartaruga escapa da tela através do comando cabeceie, alcançando o espaço**. Assim sendo, objetivando mostrar ao usuário do Logo Tridimensional as possibilidades **de descrição de figuras no espaço** e da **projeção cônica** inerente a esse contexto, propõe-se a seguinte situação-problema, abaixo delineada.

6.2.3) Construção de Quadrados em Planos Paralelos ao Plano Coordenado *xy*

Até o presente momento, as construções apresentadas no presente capítulo ocorreram no **plano da tela**. Uma vez que o plano da tela é o **plano de representação** e as **figuras planas foram construídas nesse plano**, não ocorreu até esse momento, o efeito da **projeção cônica**.

A partir de agora, quando **a construção do quadrado** passa a ocorrer em **planos paralelos ao plano da tela**, porém distintos deste, começa-se a investigar o efeito da **projeção cônica** na **representação** de figuras na **tela**.

Através do comando **cabeceie**, é possível que a tartaruga **escape da tela**. Sua utilização, em um procedimento apropriado, pode fazer com que as ações da tartaruga passem a ocorrer em **planos mais próximos** ou **mais afastados do observador**. Por exemplo, o procedimento abaixo faz com que a tartaruga passe a trabalhar em um **plano paralelo ao plano da tela**, distando um número de passos da tartaruga definido pela variável denominada **dist**.

```
ap posplano :dist
un cabeceie -90 ande :dist cabeceie 90 ul
fim
```

No procedimento acima, estando a tartaruga em sua posição inicial no centro da área de trabalho e voltada para cima, a ação do comando **cabeceie -90** direciona a tartaruga no sentido crescente do eixo *z* do sistema de eixos ortogonais centrados na tela, ao longo do qual a tartaruga passará a desenvolver seu deslocamento longitudinal. Valores **positivos** do argumento do comando **ande :dist** correspondem ao estabelecimento de **planos** colocados à **frente da tela**, portanto, mais próximos do usuário. Valores **negativos** do argumento do comando **ande :dist** correspondem ao estabelecimento de **planos** colocados **atrás da tela**, ou seja, mais afastados do usuário. O procedimento acima desloca a tartaruga sobre o eixo *z*, mantendo-a direcionada para cima.

Por exemplo, a execução do programa **posplano 200**, faz com que a tartaruga se desloque para um plano paralelo ao **plano da tela**, 200 passos **à frente** deste. A execução do programa **quadra1**, nesse momento, produz na tela um resultado semelhante ao apresentado na Figura 6.21, abaixo.

```
posplano 200  quadra1
```

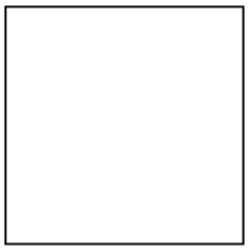


Figura 6.21 – Representação do quadrado construído 200 passos à frente da tela

Ressalta-se que o resultado apresentado na Figura 6.21 não traduz o quadrado real, construído no espaço (no plano localizado à frente da tela), mas sim a **representação** da **projeção** do quadrado na tela, obtida através da **projeção cônica** inerente ao ambiente do Logo Tridimensional.

O procedimento, a seguir apresentado, constrói o **quadrado**, em um plano paralelo ao plano da tela, porém, 200 passos **atrás** desta. O resultado obtido na tela encontra-se representado na Figura 6.22.

```
posplano -200  quadra1
```



Figura 6.22 – Representação do quadrado construído 200 passos atrás da tela

Comparando-se as Figuras 6.21 e 6.22, observa-se a **diferença de tamanho** entre elas, apesar de terem sido construídas com o mesmo programa **quadra1**. Com o objetivo de compreender o que está ocorrendo, deve-se lembrar que, nessa resolução, começa-se a trabalhar **fora do plano da tela**, isto é, está-se trabalhando no **espaço**. Nas figuras 6.21 e 6.22, não tem-se **os quadrados reais construídos no espaço**, mas sim, suas **representações** pelas **suas projeções no plano de representação** (plano da tela), de acordo com as regras da **projeção cônica**.

Enfatiza-se que, ao se construírem figuras geométricas planas no espaço e as **representarem no plano da tela**, passa-se a contar com uma nova característica, qual seja, a **projeção cônica.** Este fato possibilita trabalhar-se em um ambiente mais próximo do **ambiente real**, transformando **idéias** geométricas em **formas** geométricas – essência do Logo Tridimensional. É dessa forma que se enxerga figuras e objetos que estão mais afastados, ou mais próximos dos olhos do observador.

Uma vez que os quadrados foram construídos em diferentes planos paralelos (na frente e atrás da tela) ao plano de representação (plano da tela), os resultados de suas projeções sofrem transformações, **modificando**, somente, **suas dimensões**, **mantendo**, **inalteradas**, **suas formas**, ou seja, continuam a ser **quadrados**.

Na **projeção** do quadrado construído **entre o plano de representação e o ponto de vista (quadrado construído na frente da tela)** e representado na Figura 6.21, ocorre **o efeito de ampliação** em seu resultado. Assim como visto, anteriormente, no Item 5.6.2.1 do Capítulo 5 desta pesquisa, o **fator de ampliação** é dado pela expressão **F/(F-Vz)** (Equação 5.19), na qual **F** é a **distância principal** (distância entre o ponto de vista e a tela) e **Vz** corresponde à distância entre o **plano de construção do quadrado** e o **plano de representação** do quadrado (plano da tela). Na presente situação, **Vz** assume o valor igual a 200 passos da tartaruga e **F** está definido no sistema *SLogoW*, como sendo 360 passos da tartaruga, assim sendo, o **fator de ampliação** traduz-se pelo valor obtido do quociente **360/(360-200**), cujo resultado é **2,25**. Objetivando um melhor entendimento ao leitor, observa-se que esse resultado representa o quociente entre a **medida do lado do quadrado representado na Figura 6.21** (lado = 31,5 mm) e a **medida do lado do quadrado representado na Figura 6.3** (lado = 14 mm).

Observa-se que, quando **o quadrado real (**quadrado construído com o programa **quadra1**) for construído **no plano de representação** (plano da tela) a sua **projeção** coincide com o próprio quadrado, isto é, as **dimensões originais** do quadrado **são mantidas** na projeção, uma vez que **Vz = 0,** a equação 5.19 **– F/(F-Vz) = 1**, isto significa que o **fator de ampliação é 1** (Figura 6.3).

Na projeção do quadrado real (**quadra1**) construído **atrás do plano de representação** ocorre o efeito de **redução em suas dimensões** (Figura 6.22), pois a **distância entre o quadrado real** (construído no **plano atrás da tela**) e o observador, é maior que **a distância entre o plano de representação e o observador F, ou seja, o quadrado real está mais afastado do observador**. O **fator de redução** é dado pela expressão **F/(F-Vz)** (Equação 5.20), na qual foi atribuído o valor -200 a Vz. Dessa forma, o **fator de redução** assume o valor dado pelo quociente **360/[360 - (-200)],** cujo resultado é **0,64 (menor do que 1)**. Objetivando um melhor entendimento ao leitor, observa-se que esse resultado

representa o quociente entre a **medida do lado do quadrado representado na Figura 6.22** (lado = 9 mm) e a **medida do lado do quadrado representado na Figura 6.3** (lado = 14 mm).

Os resultados acima podem ser compreendidos através da Figura 6.23 abaixo, na qual está ilustrada a vista lateral dos três quadrados construídos no espaço com o programa **quadra1**, suas distâncias em relação ao plano da tela e as representações de suas projeções no plano da tela (Figuras A, B e C), segundo as leis da projeção cônica.

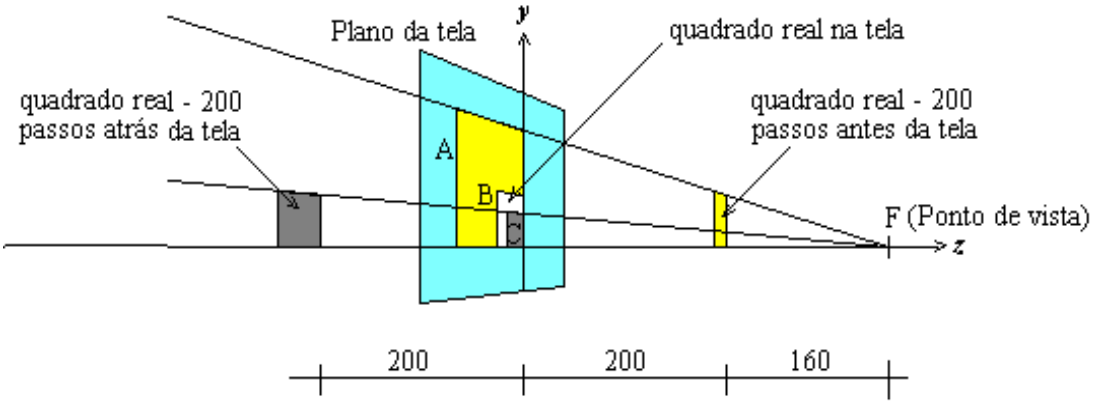


Figura 6.23 –Diagrama ilustrando a vista lateral dos quadrados reais construídos no espaço e os resultados de suas projeções no plano da tela segundo as regras da projeção cônica

Enfatiza-se que, os resultados acima elucidam relações entre as deduções teóricas, apresentadas no Capítulo 5 desta pesquisa, Item 5.6.2, e os resultados obtidos através das Figuras 6.3, 6.21 e 6.22. Esses resultados são decorrentes dos fundamentos matemáticos de **projeção cônica**, inerente ao Logo Tridimensional.

Objetivando comparar e visualizar o efeito da **projeção cônica**, apresentam-se na Figura 6.24 abaixo as projeções dos **quadrados construídos** com o programa **quadra1. O Quadrado A** que corresponde à Figura 6.21, representa a **projeção do quadrado** construído no **plano à frente da tela,** obtido pelo programa **posplano 200 quadra1**. **O Quadrado B** que corresponde à Figura 6.3, representa **a projeção do quadrado** construído **no plano da tela**, obtido pelo programa **quadra1**. **O Quadrado C** que corresponde à Figura 6.22, representa **a projeção do quadrado** construído no **plano atrás da tela**, obtido pelo programa **posplano -200 quadra1**. Na Figura 6.24 representam-se também o sistema de eixos coordenados ***x y*** e o raio de convergência dos vértices superiores esquerdo dos quadrados A, B e C, convergindo para um mesmo ponto de fuga, localizado sobre o eixo ***z***, em um ponto atrás da tela.

Convém ressaltar que, apesar dos vértices inferiores direitos das **projeções** dos quadrados representadas na figura abaixo, estarem no centro do sistema de eixos coordenados ***x y z***, os vértices correspondentes dos **quadrados reais** no espaço estão sobre o eixo ***z*** do sistema de eixos coordenados ***x y z***.

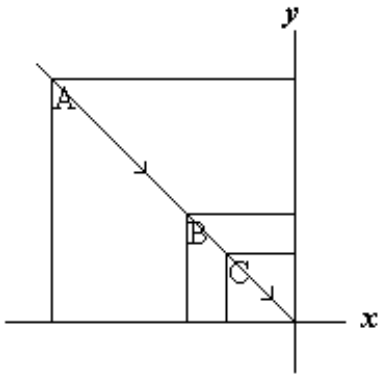


Figura 6.24 – Representação das projeções dos quadrados construídos
com o programa **quadra1** em diferentes planos

Com o objetivo de elucidar o leitor quanto às potencialidades do Logo Tridimensional no que se refere aos conceitos da **Geometria das Transformações no espaço** (Rotação, Translação e Reflexão), propõe-se a seguinte situação-problema: ***O que ocorrerá com as projeções dos quadrados se eles forem construídos com os seus vértices inferiores direitos alinhados, porém fora do eixo z***?

Existem várias estratégias que podem ser utilizadas para responder o questionamento acima. Porém, explora-se, a seguir, duas delas.

Em uma das estratégias, pode-se usar o procedimento **posição1** para que os vértices inferiores direitos estejam sobre a reta paralela ao eixo *z*, passando pelo ponto de coordenadas cartesianas (25 -25). Dessa forma, as projeções dos quadrados A, B e C, obtidas com os procedimentos computacionais: **posplano 200 posição1 quadra1**, **posição1 quadra1** e **posplano -200 posição1 quadra1**, estão representadas na Figura 6.25, apresentada, a seguir.

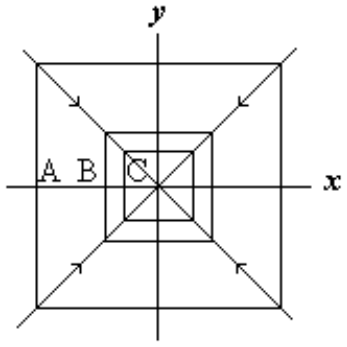


Figura 6.25 – Representação da projeções dos quadrados construídos com o programa **quadra1**
em diferentes planos, com seus centros sobre o eixo *z*

Comparando as Figuras 6.24 e 6.25, observa-se que **as dimensões das figuras resultantes** das **projeções dos respectivos quadrados A, B** e **C não foram alteradas** com a mudança de posição em que os quadrados foram construídos, uma vez que essas dimensões dependem somente da distância principal (F) e da coordenada do plano de construção relativa ao eixo *z* (Vz nas equações 5.19 e 5.20), as quais não foram alteradas, nas três situações acima (F = 360 e Vz = 200 no quadrado A, 0 no quadrado B e -200 no quadrado C).

Na Figura 6.25 acima, observa-se que quaisquer pontos que se correspondam nos Quadrados A, B e C, convergem para um mesmo ponto localizado sobre o eixo *z* (ponto de fuga, localizado sobro o eixo *z*, atrás da tela).

Com o objetivo de elucidar o leitor quanto as diferentes estratégias possíveis de serem aplicadas na resolução da situação-problema — ***O que ocorrerá com as projeções dos quadrados se eles forem construídos com os seus vértices inferiores direitos alinhados, porém fora do eixo z*****?** —, apresenta-se uma outra estratégia, na qual pode-se usar o procedimento **posição 150 100** para que os vértices inferiores esquerdos estejam sobre a reta paralela ao eixo *z*, passando pelo ponto de coordenadas cartesianas (150 100). Dessa forma, as projeções dos quadrados A, B e C, obtidas com os procedimentos computacionais: **posplano 100 posição 150 100 quadra2**, **posição 150 100 quadra2** e **posplano -100 posição 150 100 quadra2**, estão representadas na Figura 6.26, apresentada, a seguir. Ressalta-se que, antes da execução de cada um dos procedimentos abaixo, a tartaruga encontrava-se no centro da área de trabalho e direcionada para cima.

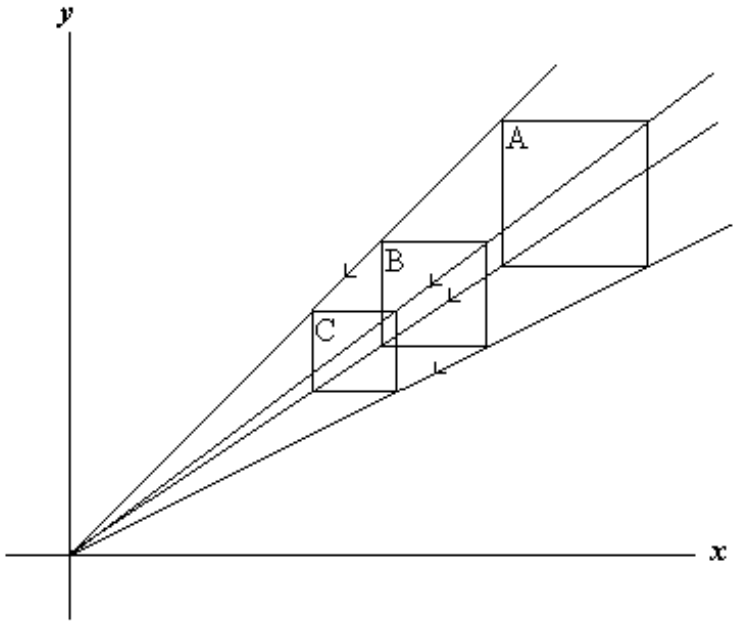


Figura 6.26 – Representação das projeções dos quadrados construídos com o programa **quadra2** em diferentes planos com seus vértices inferiores esquerdos no ponto de coordenadas (150, 100)

Na figura acima, observa-se novamente, que quaisquer pontos que se correspondam nos Quadrados A, B e C convergem para um mesmo ponto localizado sobre o eixo *z* do sistema de eixos ortogonais ***x y z*** (ponto de fuga).

Com o objetivo de elucidar o leitor quanto às diversas possibilidades de construção de quadrados em **planos concorrentes ao plano da tela**; explorar as ações do comando **cabeceie** e, além disso, mostrar os diferentes resultados da **projeção cônica**, apresenta-se uma nova situação-problema.

6.2.4) Construção de Quadrados em Planos Concorrentes ao Plano Coordenado *xy* Construídos Através do Comando cabeceie

Objetivando mostrar ao usuário desse ambiente uma possível estratégia de se trabalhar com a tartaruga em **planos concorrentes ao plano da tela**, obtidos através do comando **cabeceie**, apresentam-se exemplos de quadrados construídos em um plano oblíquo[8] à tela, obtido com a ação do comando **cabeceie**.

Como já observado, anteriormente, neste capítulo, através do comando **cabeceie**, pode-se fazer com que a tartaruga **escape do plano** definido pelos eixos coordenados ***x y***, passando a desenvolver suas ações no **espaço**. Por exemplo, estando a tartaruga no centro da tela e posicionada para cima, o comando **cabeceie 45** faz com que a tartaruga cabeceie 45º para dentro da tela. Após a ocorrência dessa rotação, as ações da tartaruga passam a ocorrer no plano concorrente ao plano da tela, fazendo um ângulo de 45º com este, como ilustrado na Figura 6.27. O eixo ***i*** da tartaruga, ao longo do qual ocorre o deslocamento longitudinal, está contido nesse novo plano.

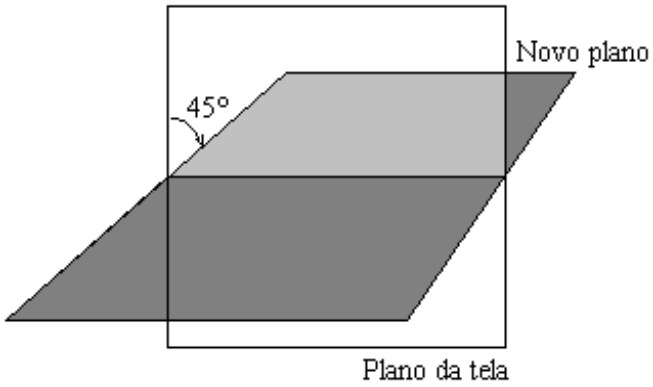


Figura 6.27 – Representação dos planos concorrentes

No processo de resolução do problema proposto no item 6.2.4, qual seja, ***construção de quadrados em planos concorrentes ao plano coordenado x y construído através do comando cabeceie*****,** apresentam-se abaixo algumas situações-problema.

6.2.4.1) Situação-problema 1 - Utilização do programa quadra1

Partindo com a tartaruga no centro desse novo plano e direcionada de acordo com a ação do comando **cabeceie 45** (condição inicial), o programa **quadra1** produz, na tela, a figura representada na Figura 6.28, na qual se manteve visível a tartaruga em seu estado final, no plano concorrente. Para efeito de referência, representa-se o sistema de eixos coordenados ***x y*** centrado na tela.

```
cabeceie 45
quadra1
```

[8] Planos oblíquos são planos que se interceptam formando um ângulo diferente de 90º. Quando os planos se interceptam em 90º são chamados de planos perpendiculares.

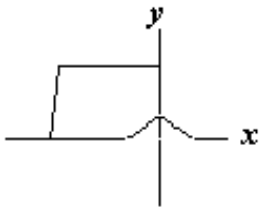


Figura 6.28 – Representação do quadrado construído no novo plano com o programa **quadra1** com a representação dos eixos ***x y***

Eliminando-se a tartaruga e os eixos ***x y***, o quadrado construído no **segundo quadrante** do novo plano apresenta- se como na Figura 6.29 a seguir.

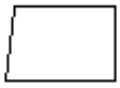


Figura 6.29 – Representação do quadrado construído no novo plano com o programa **quadra1**

Analisando os procedimentos empregados, observa-se que, durante a construção do quadrado com o programa **quadra1**, no **novo plano**, a tartaruga percorre seus lados por cima do plano, no sentido anti-horário.

6.2.4.2) Situação-problema 2 - Utilização do programa quadra2

Partindo a tartaruga com o estado inicial estabelecido na situação-problema 1, a utilização do programa **quadra2** produz, na tela, a figura representada na Figura 6.30, na qual se manteve visível a tartaruga em seu estado final, no **plano concorrente**.

```
cabeceie 45
quadra2
```

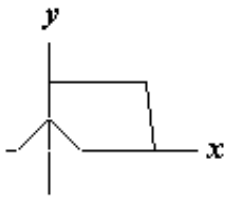


Figura 6.30 – Representação do quadrado construído no novo plano com o programa **quadra2** com a representação dos eixos ***x y***

Eliminando a tartaruga e os eixos ***x y***, o quadrado construído no **primeiro quadrante** do novo plano apresenta- se como na Figura 6.31 a seguir.

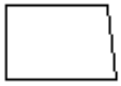


Figura 6.31 – Representação do quadrado construído no novo plano com o programa **quadra2**

Analisando os procedimentos empregados, observa-se que, durante a construção do quadrado com o programa **quadra2**, no **novo plano**, a tartaruga percorreu seus lados por cima do plano, no **sentido horário**.

6.2.4.3) Análise dos resultados obtidos nas situações-problema 1 e 2

Convém salientar que, nas Figuras 6.28 a 6.31 os resultados obtidos, na tela, não traduzem as **construções** dos **quadrados** no novo plano, mas sim suas **representações** decorrentes de suas **projeções** no **plano da tela**.

Esse fato mostra que as figuras geométricas têm a forma de trapézios, em vez de quadrados. Isto ocorre, pois, ao projetar-se um feixe de retas paralelas que se apresenta **paralelo ao plano** de **representaçã**o, obtêm-se, como resultado, **retas paralelas** entre si. Do mesmo modo, ao projetar-se um feixe de retas paralelas, que se apresenta **concorrente ao plano de representação**, obtêm-se, como resultado, **retas tendendo a um mesmo ponto de fuga**. Como resultado dos efeitos acima descritos, os lados dos quadrados (construídos no plano concorrente), que não se apresentam paralelos ao plano de representação, não mantêm seu paralelismo.

Outra decorrência da **projeção cônica**, inerente ao Logo Tridimensional, consiste no fato de que as figuras obtidas, na tela (Figuras 6.28 a 6.30), ou seja, as projeções dos quadrados construídos, não apresentam os quatro lados iguais, apesar de a construção dos quadrados no **novo plano** ter ocorrido de acordo com as propriedades geométricas do quadrado, isto é, lados iguais e paralelismo entre os seus lados opostos.

Como conseqüência da **projeção cônica**, inerente ao Logo Tridimensional, ressalta-se que as figuras, na tela, tiveram as **aparências** de suas **formas** e as **dimensões modificadas** em relação à figura real (construída).

Com o objetivo de elucidar o leitor sobre as diversas possibilidades de construção do quadrado em diferentes posições no novo plano, apresenta-se uma outra situação-problema, qual seja:

6.2.4.4) Construção do quadrado em diferentes posições em relação ao sistema de eixos coordenados, centrado no plano concorrente

Uma vez que se está trabalhando em um ambiente no qual se faz presente a **projeção cônica**, *qual será a aparência (forma representativa) do quadrado construído em diferentes posições no novo plano*?

Com a finalidade de resolver a situação-problema proposta, passa-se a construir quadrados com os procedimentos abaixo apresentados.

cabeceie 45 posição1 quadra1

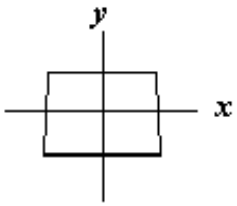


Figura 6.32 – Representação do quadrado construído no **novo plano** com o programa **quadra1** com seu centro coincidindo com o centro do sistema de eixos

cabeceie 45 posição 150 100 quadra2

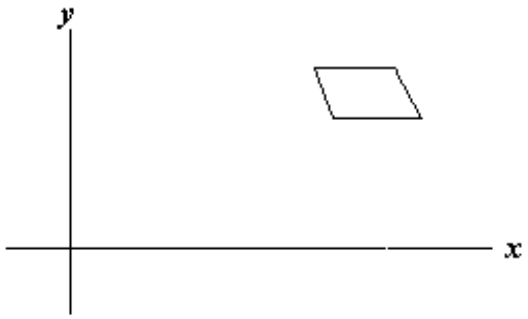


Figura 6.33 – Representação do quadrado construído no **novo plano** com o programa **quadra2** com seu vértice inferior esquerdo localizado no ponto de coordenadas (150 100)

Analisando as Figuras 6.32 e 6.33, observa-se que as aparências das formas das figuras obtidas, na tela, dependem das posições nas quais os quadrados foram construídos no **novo plano**, ressalta-se que os lados laterais estão sobre retas direcionadas para o ponto de fuga, que está localizado atrás da tela.

Convém lembrar que, até o presente momento, os quadrados construídos no plano concorrente apresentam dois de seus lados paralelos ao plano de representação (plano da tela). *O que ocorrerá com as aparências das formas das figuras obtidas na tela, quando os quadrados construídos no plano concorrente não tiverem seus lados paralelos ao plano de representação*?

Com a finalidade de resolver a situação-problema proposta, recorre-se aos procedimentos abaixo apresentados.

```
cabeceie 45
un vire -90 ande 35.35 vire 135 ul
quadra1
```

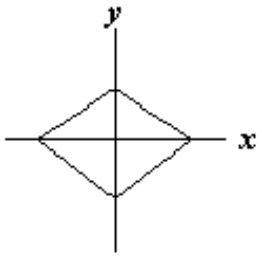


Figura 6.34 – Representação do quadrado construído no **novo plano** com o programa **quadra1** com seus lados concorrentes ao plano de representação

```
cabeceie 45
posição 150 100  vire 45
quadra2
```

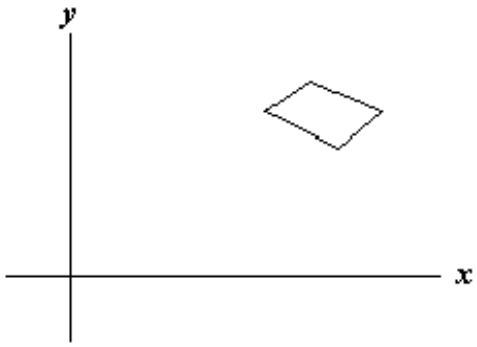


Figura 6.35 – Representação do quadrado construídos no **novo plano** com o programa **quadra2** com seus lados concorrentes ao plano de representação

Constata-se que, nas Figuras 6.34 e 6.35 as aparências das **formas** e as **dimensões** destas dependem das **posições** nas quais os **quadrados foram construídos** no **plano concorrente**. Em outras palavras, dependendo da posição em que os quadrados são construídos no plano concorrente, suas **projeções** alteram as **aparências** de suas **formas** e as **dimensões** da figura resultante. Além disso, como os lados dos quadrados são segmentos de dois feixes de retas paralelas entre si e concorrentes ao plano de representação (plano da tela), os lados das Figuras 6.34 e 6.35 estão sobre retas que convergem para **dois diferentes pontos de fuga**, como ressaltado no Item 5.6.5, expresso por: O **número** de **pontos de fuga** de uma figura resultante da **projeção cônica** de um objeto, em um plano de representação, é igual ao número total de **feixes de retas paralelas desse objeto**, menos o número de **feixes de retas paralelas que sejam paralelos ao plano de representação**.

Convém mencionar que, em todos os procedimentos que envolvem ações da tartaruga **fora da tela** é muito importante observar a seqüência correta dos comandos a serem executados. Por exemplo, em resposta a cada um dos procedimentos abaixo, cada quadrado foi construído em **um plano diferente**, cujos resultados, na tela, podem ser observados na Figura 6.36.

```
Quadrado A: posição 150 100 quadra2
Quadrado B: posição 150 100 cabeceie 45 quadra2
Quadrado C: cabeceie 45 posição 150 100 quadra2
```

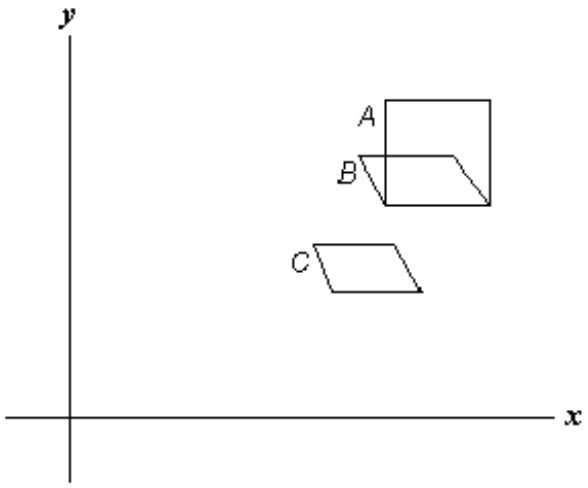


Figura 6.36 – Representação dos quadrados construídos com o programa **quadra2** em diferentes planos

Ressalta-se que o **quadrado** com **projeção resultante** no **Polígono A** foi construído no **plano da tela**, com seu vértice inferior esquerdo localizado no ponto de coordenadas (150, 100) do sistema de eixos coordenados ***x y***. O **quadrado** com **projeção resultante** no **Polígono B** foi construído em um **plano concorrente** ao plano da tela, cuja interseção entre ambos define uma reta paralela ao eixo ***x***, passando pelo ponto de coordenadas (150, 100). O **quadrado** com **projeção resultante** no **Polígono C** foi construído no **plano concorrente** ao plano da tela com seu vértice inferior esquerdo ocupando a coordenada (150, 100) do sistema de eixos coordenados centrados no **novo plano**.

Com o objetivo de explorar as ações do comando **role** propõe-se a seguinte situação-problema.

6.2.5) Construção da representação de quadrados em planos concorrentes ao plano coordenado *x y* construídos através do comando role

Objetivando mostrar ao usuário desse ambiente uma possível estratégia de como a tartaruga pode trabalhar em **planos concorrentes** ao **plano da tela**, obtidos através do comando **role**, apresenta-se o processo de resolução da situação-problema proposta.

Como já observado anteriormente, através do comando **role**, associado com o comando **vire**, pode-se fazer com que a tartaruga **escape do plano** definido pelos eixos coordenados ***x y***, passando a desenvolver suas ações no **espaço**. Por exemplo, estando a tartaruga no centro da tela e posicionada para cima, o comando **role 45** faz com que ela role 45^o da esquerda para a direita. Após a ocorrência desse giro, o eixo ***i***, que é o eixo ao longo do qual ocorre o deslocamento longitudinal da tartaruga, continua coincidindo com o eixo ***y*** que está **fixo na tela**. O eixo ***j*** passa a ocupar uma posição no **semi-espaço anterior** ao plano da tela, fazendo um ângulo de 45^o com o eixo ***-x***. O eixo ***k***, ocupando ainda uma posição no **semi-espaço anterior** ao plano da tela, faz um ângulo de 45^o com o eixo ***z***. Da descrição acima conclui-se que as ações do comando **role 45** ocorreram no plano ***xy*** e que elas podem ser associadas ao efeito de rotação do sistema de eixos ***i j k*** em 45^o, em torno do eixo ***y***. Com a finalidade de facilitar ao leitor o entendimento resultante das ações acima descritas, representa-se na Figura 6.37 o plano ***xy*** e o sistema de eixos ***i j k*** em sua nova posição.

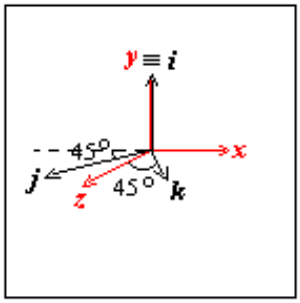


Figura 6.37 – Representação dos sistemas de eixos após a ação do comando **role 45**

Enfatiza-se que, enquanto não for ordenado à tartaruga executar uma nova ação de **mudança de direção** que a leve a **escapar do plano** (comandos **role** e **cabeceie)**, as ações da tartaruga ocorrem no **plano vertical concorrente** ao **plano da tela**, fazendo um ângulo de 45^o com este, como ilustrado na Figura 6.38. O eixo ***j*** da tartaruga está contido nesse novo plano, enquanto o eixo k é um eixo perpendicular a esse **novo plano** vertical.

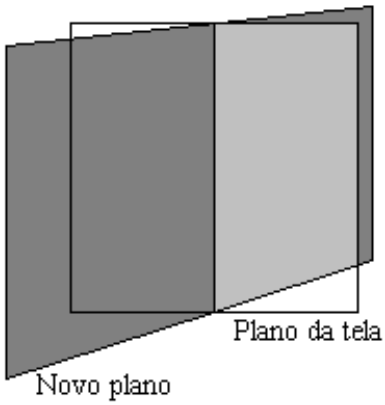


Figura 6.38 – Representação dos planos concorrentes

No processo de resolução do problema proposto no Item 6.2.5, qual seja: **construção da representação de quadrados em planos concorrentes ao plano coordenado *xy*, construídos através do comando role,** apresentam-se abaixo, algumas situações-problema possíveis.

6.2.5.1) Situação-problema 1 – Utilização do programa quadra1

Partindo a tartaruga do centro desse **novo plano** vertical e posicionada de acordo com a ação do comando **role 45** (condição inicial), o programa **quadra1** produzirá, na tela, uma figura como a representada na Figura 6.39, na qual foi mantida visível a tartaruga em seu estado final, no **plano concorrente**. Para efeito de referência e comparação, representa-se o sistema de eixos coordenados ***x y*** centrado na tela.

```
role 45
quadra1
```

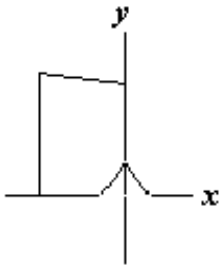


Figura 6.39– Representação do quadrado construído no plano vertical com o programa **quadra1** com a representação do sistema de eixos ***x y***

Eliminando-se a tartaruga da tela e os eixos, o quadrado construído no segundo quadrante do plano vertical se apresenta como representado na Figura 6.40, a seguir:

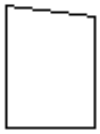


Figura 6.40 – Representação do quadrado construído no plano vertical com o programa **quadra1**

Analisando os procedimentos empregados, observa-se que durante a construção do quadrado com o programa **quadra1**, no plano vertical, e representado na tela como acima ilustrado, a tartaruga percorreu seus lados sobre o plano concorrente, no sentido anti-horário.

6.2.5.2) Situação-problema 2 – Utilização do programa quadra2

Partindo a tartaruga em seu estado inicial estabelecido na situação-problema 1. A utilização do programa **quadra2** produz, na tela, uma figura como a representada na Figura 6.41, na qual se manteve visível a tartaruga em seu estado final, no plano concorrente.

```
role 45
quadra2
```

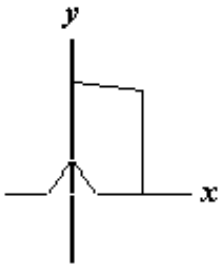


Figura 6.41 – Representação do quadrado construído no plano vertical com o programa **quadra2** com a representação dos eixos ***x y***

Eliminando-se a tartaruga e os eixos ***x y***, o quadrado construído no primeiro quadrante do plano vertical se apresenta como representado na Figura 6.42, a seguir.



Figura 6.42 – Representação do quadrado construído no plano vertical com o programa **quadra2**

Analisando os procedimentos empregados, percebe-se que durante a construção do quadrado no plano vertical com o programa **quadra2** e resultado representado na figura acima, a tartaruga percorreu seus lados sobre o plano concorrente, no sentido horário.

6.2.5.3) Análise dos resultados obtidos nas situações-problema 1 e 2

Analisando as Figuras 6.39 a 6.42, a partir de um ponto de vista perpendicular ao centro da tela, observa-se que os quadrados foram construídos no plano vertical concorrente ao plano da tela (oblíquo). O quadrado cujo resultado de sua projeção está representado na Figura 6.40 (quadrado construído com o programa **quadra1**) foi construído no semi-plano **anterior** à tela. O quadrado cujo resultado da projeção está representado na Figura 6.42 (quadrado construído com o programa **quadra2**) foi construído no semi-plano **posterior** à tela. Convém observar que as Figuras 6.40 e 6.42 não representam as **construções dos quadrados** construídos no **novo plano**, mas sim, as suas **projeções no plano de representação** (plano da tela). É por esta razão que as figuras geométricas resultantes, na tela, apresentam as aparências de suas formas como sendo **trapézios**, em vez de aparentarem **quadrados**.

Como já observado no item 6.2.4.4, os lados dos quadrados contidos em retas paralelas ao plano de representação mantêm seu paralelismo quando projetados (lados esquerdos e direitos nas Figuras 6.40 e 6.42), enquanto que os lados dos quadrados contidos em retas concorrentes ao plano de representação, quando projetados, estão sobre retas tendendo ao ponto de fuga (lados superiores e inferiores nas Figuras 6.40 e 6.42). É, pois, devido à **projeção cônica** do Logo Tridimensional, que os lados superiores e inferiores dos quadrados projetados, não se apresentam paralelos, e, também, as dimensões dos lados dessas figuras geométricas obtidas na tela (Figuras 6.40 e 6.42) não se mantêm iguais, apesar das construções dos quadrados no plano vertical terem ocorrido de acordo com as propriedades do quadrado, isto é, lados iguais e paralelismo entre lados opostos (**quadra1** e **quadra2**).

No plano de construção, os quadrados construídos com os programas **quadra1** e **quadra2** apresentam simetria bilateral, tendo o eixo ***y*** como eixo de simetria, entretanto, devido aos efeitos da projeção cônica, as aparências das figuras resultantes de suas projeções, no plano da tela, não se apresentam simétricas (Figuras 6.40 e 6.42).

Os aspectos acima evidenciam a importância de se trabalhar com a projeção cônica, definindo os objetos **reais**, isto é, construindo as suas **formas** no espaço e **representando-as** na tela do computador. Como já mencionado, anteriormente, nesta pesquisa, a **natureza** de um objeto geométrico, ou seja, a sua **definição** expressa-se pelos procedimentos computacionais utilizados no ambiente tridimensional, enquanto que as **aparências de suas formas** expressam-se pelo efeito da **projeção cônica**, inerente ao Logo Tridimensional. Desse modo, o usuário ao projetar um objeto geométrico no micromundo tridimensional parte de uma simples **idéia** sobre este objeto, "mentaliza" essa idéia, formando uma imagem

mental do objeto. Em uma ação subseqüente, o usuário tenta representar, no ambiente tridimensional, essa imagem, utilizando para isso, reflexões sobre as possíveis ações da tartaruga, necessárias à descrição espacial desse objeto e, ainda, criando procedimentos computacionais que executem esse objetivo, qual seja, transformar uma simples **idéia** geométrica em uma **forma** geométrica.

A **forma** desse objeto contém as características e propriedades matemáticas que a definem e as interpretações do usuário, necessárias para a sua perfeita visualização na tela do monitor, através da decodificação da imagem produzida. Nota-se que, esse contexto é extremamente poderoso e rico, o qual propicia o desenvolvimento de raciocínios espaciais, e, assim sendo, deve ser utilizado pelos professores na exploração de conceitos geométricos no espaço. Decorre daí as possibilidades didático-cognitivas do Logo Tridimensional, que serão evidenciadas no Estudo de Caso desta pesquisa, no qual será trabalhado o processo de transformação de uma **idéia** geométrica em uma **forma** geométrica, essência do Logo Tridimensional.

Objetivando mostrar outras maneiras de se projetar o quadrado, apresenta-se uma nova situação-problema.

6.2.5.4) Construção do quadrado em diferentes posições em relação ao sistema de eixos coordenados centrado no plano concorrente

Objetivando resolver o problema proposto acima, investigar-se-á *qual será a aparência da forma representativa do quadrado construído em diferentes posições no* ***novo plano***.

Para visualizar essas formas, serão construídos quadrados com os procedimentos apresentados, a seguir, com resultados ilustrados nas figuras que lhes acompanham.

role 45 posição1 quadra1

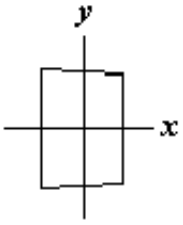


Figura 6.43 – Representação do quadrado construído no **plano vertical** com o programa **quadra1**, com centro coincidindo com o centro do sistema de eixos

role 45 posição 150 100 quadra2

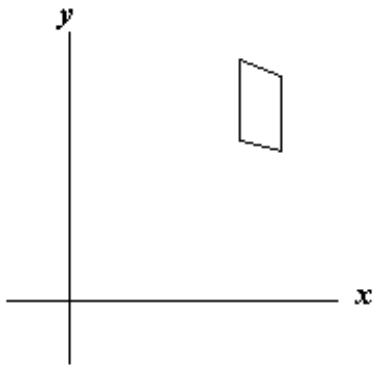


Figura 6.44 – Representação do quadrado construído no **plano vertical** pelo programa **quadra2** com vértice inferior esquerdo sobre o ponto de coordenadas (150 100)

Analisando-se as Figuras 6.43 e 6.44, observa-se que as formas das figuras obtidas na tela dependem das posições nas quais os quadrados foram construídos no **plano vertical** concorrente ao plano da tela (comando **role**), e que os lados superior e inferior estão sobre retas direcionadas para o ponto de fuga que está sobre o eixo ***x***, atrás da tela.

6.2.6) Coordenação de quadrados

Como já visto acima, utilizando os comandos **ande**, **vire**, **role** e **cabeceie**, foi possível a construção de quadrados, em diferentes planos no espaço. Nesse momento, objetivando oferecer aos professores e pesquisadores da área uma abordagem que explora a visualização espacial de coordenações de objetos geométricos, faz-se necessário explorar a representação, no plano da tela, de quadrados coordenados, construídos em três planos ortogonais entre si, no espaço.

Antes de se passar à solução dessa situação problema – exploração da coordenação de quadrados no espaço –, torna-se necessário investigar e buscar estratégias que permitam o deslocamento da tartaruga para posições pré-determinadas, no espaço.

Uma das possíveis estratégias consiste na utilização do comando **mudeposição3d [x y z]** da tartaruga cartesiana, implementado no Logo Tridimensional, no qual [x y z] representam as coordenadas cartesianas do ponto no espaço. Uma outra estratégia pode ser obtida pela combinação dos procedimentos **posição :x :y** e **posplano :dist**, anteriormente elaborados, neste capítulo, nos quais a tartaruga tridimensional executa comandos de deslocamento e de giros da Geometria Euclidiana. Dessa forma, o procedimento **posiçãoespaço :x :y :z**, abaixo apresentado, desloca a tartaruga, desde o centro do sistema de eixos coordenados ***x y z*** (0 0 0), direcionada para cima, até o ponto de coordenadas (x y z), mantendo o direcionamento "para cima", apresentado em seu estado inicial.

```
ap posiçãoespaço :x :y :z
un vire -90 ande :x
vire 90 ande :y
cabeceie -90 ande :z cabeceie 90 ul
fim
```

Por exemplo, o programa **coordenação1**, abaixo apresentado, coordena três quadrados construídos, através dos procedimentos **quadra1** e **quadra2**, em três planos ortogonais: paralelo, horizontal e vertical à tela, intersectando-se no ponto de coordenadas (25 -25 25).

```
ap coordenação1
posiçãoespaço 25 -25 25
quadra1
role 90 quadra2
vire -90 role 90 quadra2
un centralize3d ul
fim
```

A projeção obtida na tela encontra-se apresentada na Figura 6.45, a seguir.

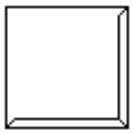


Figura 6.45 – Projeção dos quadrados construídos com o programa **coordenação1**

Analisando o programa computacional **coordenação1**, observa-se que um dos quadrados foi construído em um **plano paralelo à tela**, 25 passos da tartaruga **à frente dela**. Um segundo quadrado foi construído em um plano vertical, ortogonal à tela. Sendo o terceiro quadrado construído em um plano horizontal, também ortogonal à tela. Os três planos intersectam-se no ponto de coordenadas (25 -25 25). Os três quadrados **construídos no espaço** apresentam idênticos tamanhos de lados, sendo que os dois últimos quadrados foram construídos atrás do primeiro. Este fato está evidenciado pelo efeito da **projeção cônica**, presente na Figura 6.45.

Em um outro exemplo, o programa **coordenação2**, abaixo apresentado, coordena, da mesma forma, três quadrados construídos, através dos procedimentos **quadra1** e **quadra2**, em três diferentes planos ortogonais: paralelo, horizontal e vertical à tela, intersectando-se no ponto de coordenadas (-25 25 -25).

```
ap coordenação2
posiçãoespaço -25 25 -25
role 180 vire 180
quadra2
role -90 quadra1
vire 90 role -90 quadra1
un centralize3d ul
fim
```

A projeção obtida na tela encontra-se apresentada na Figura 6.46, a seguir.

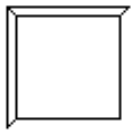


Figura 6.46 - Projeção dos quadrados construídos com o programa **coordenação2**

Analisando o programa computacional **coordenação2**, observa-se que um dos quadrados foi construído em um plano **paralelo à tela**, 25 passos da tartaruga **atrás dela**. Um segundo quadrado foi construído em um plano vertical, ortogonal à tela. Sendo o terceiro quadrado construído em um plano horizontal, também ortogonal à tela. Os três planos intersectam-se no ponto de coordenadas (-25 25 -25). Os **três quadrados construídos no espaço** apresentam idênticos tamanhos de lados, sendo que os dois últimos foram construídos à frente do primeiro. Este fato está evidenciado pelo efeito da **projeção cônica**, presente na Figura 6.46.

Nesse momento, algumas questões podem ser formuladas decorrentes da observação das figuras acima, quais sejam: *Que forma geométrica se obtém no espaço ao se coordenar os quadrados construídos com os programas* ***coordenação1*** *e* ***coordenação2****? Qual será a aparência da forma resultante da representação obtida no plano da tela?*

Observa-se que essas duas questões se relacionam. Para responder à primeira questão – *Que forma geométrica se obtém no espaço ao se coordenar os quadrados construídos com os programas* ***coordenação1*** *e* ***coordenação2****?* –, recorre-se a conceitos relacionados à imagem mental e à visualização geométrica, à medida que o usuário do Logo, ao coordenar as duas figuras espaciais que representam as coordenações de três quadrados (Figuras 6.45 e 6.46), necessita elaborar raciocínios cada vez mais complexos, pois deverá "mentalizar" as possíveis ações que a tartaruga deve executar para atingir tal objetivo. Além disso, no processo de coordenar os quadrados construídos com os programas **coordenação1** e **coordenação2**, a sintonicidade corporal consiste em um importante componente no processo de visualização e representação da forma espacial resultante. Assim procedendo, pode-se criar estratégias mentais, através das ações da tartaruga, que integrem e coordenem as duas representações acima (Figuras 6.45 e 6.46), e, ainda, coordenar os comandos do Logo Tridimensional para compor os procedimentos computacionais que descrevam um objeto geométrico, cuja forma se assemelha à de um cubo no espaço.

Nesse processo, objetiva-se, nesse momento, adaptar o raciocínio mental que delineia o modelo de um **cubo no espaço**, para a **real representação de sua construção no plano**. Assim sendo, aborda-se a segunda questão – *Qual será a forma resultante da representação obtida no plano da tela?*

Para a obtenção da forma resultante, utilizando-se os recursos e características do Logo Tridimensional, uma das estratégias possíveis consiste no programa **cubo**, abaixo apresentado, com resultado ilustrado na Figura 6.47.

```
ap cubo
coordenação1
coordenação2
fim
```

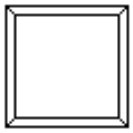


Figura 6.47 – Representação do cubo construído com o programa **cubo**

Ao analisar o programa computacional que constrói a representação do cubo, na tela, considerando o tamanho dos lados (50 passos da tartaruga) dos seis quadrados que compõem a forma final do objeto construído no espaço e as coordenadas dos pontos que constituem os vértices opostos (distando 25 passos dos eixos coordenados ***x y z***) utilizados como referências na construção acima, constata-se que o centro geométrico do cubo construído no espaço coincide com o centro do sistema de eixos coordenados ***x y z***. Assim sendo, com a utilização dos comandos **vire**, **role** e **cabeceie**, é possível alterar a **posição da construção do cubo**, no **espaço**, mantendo **invariante sua forma e a posição do seu centro geométrico**. A cada nova posição no espaço corresponderá um novo resultado em sua representação projetada na tela. Apresenta-se, a seguir, duas dessas possíveis representações.

role 30 coordenação1
role 30 coordenação2

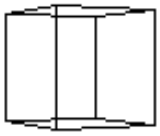


Figura 6.48 – Representação do cubo construído em uma diferente posição no espaço obtida com o comando **role 30**

role 30 cabeceie -30 coordenação1
role 30 cabeceie -30 coordenação2

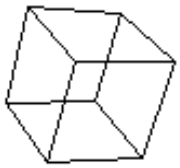


Figura 6.49 – Representação do cubo construído em uma diferente posição no espaço obtida com os comandos **role 30** e **cabeceie -30**

Analisando as diversas posições do cubo, acima apresentadas, decorrentes das construções do cubo em diferentes posições no espaço (Figuras 6.48 e 6.49), através das ações dos comandos **vire**, **role** e **cabeceie**, observa-se que, nos diferentes resultados, mantém-se **invariante a forma do cubo**, pois, como já ressaltado, anteriormente, a definição da forma de um objeto espacial contém as propriedades matemáticas que determinam a natureza de um objeto no espaço e, dessa maneira, apesar de ser possível a variação da posição desse objeto no espaço, obtendo-se resultados distintos na tela (aparências), a sua forma permanece invariante, a medida que é o procedimento computacional que contém a geometria intrínseca

aos seus comandos e, assim sendo, determina a **natureza**, ou seja, a **forma** da figura projetada na tela.

Apresentam-se, a seguir, algumas reflexões do ponto de vista educacional da utilização do Logo Tridimensional em situações práticas de resolução de problemas.

6.3) Reflexões Metodológicas sobre a Aplicabilidade do Logo Tridimensional

Convém lembrar que, algumas considerações metodológicas sobre a aplicabilidade do Logo Tridimensional já foram apresentadas no decorrer deste capítulo. Porém, faz-se necessário tecer mais alguns comentários a este respeito, por constituir-se o Logo Tridimensional em um campo pouco explorado em Educação Matemática. Assim sendo, nas situações-problema apresentadas neste capítulo, evidenciaram-se as potencialidades do Logo Tridimensional, o qual possui, inerente aos seus procedimentos, as regras da **projeção cônica**. Nesse contexto, o usuário pode trabalhar com conceitos sobre **projeção**, de forma simples e concisa, sem a demasiada abstração da Geometria tradicional.

O trabalho com Logo Tridimensional concentra-se, pois, não na representação plana do objeto na tela, mas sim na descrição espacial do objeto. Dessa forma, o desenho de uma figura é produzido através da descrição dos movimentos (no espaço) que a tartaruga deve fazer para percorrer todas as partes dessa figura.

Como já mencionado anteriormente, neste capítulo, essa descrição geométrica do objeto lhe é inerente, no sentido de que ela não faz referência a nenhum elemento que lhe é externo. Esse fato não é evidenciado no ensino tradicional da Geometria, no qual a descrição geométrica é externa às figuras, no sentido de que, primeiramente, o sujeito, para conseguir o seu intuito, realizando a tarefa de representar um sólido qualquer, lança mão de fórmulas e algoritmos, leis e teoremas, pertencentes à Geometria. Nesse sentido, afirma-se que é, justamente, a Geometria que, se por um lado se relaciona à intuição e conduz ao descobrimento, por outro lado possibilita a conjunção entre o mundo físico e a Matemática. E é esse o objetivo da utilização do Logo Tridimensional, ou seja, integrar os objetos projetados no mundo real, através de suas descrições espaciais e de suas interpretações no plano, representado pela tela do computador.

O fato de a descrição geométrica ser intrínseca ao sistema do Logo Tridimensional possibilita ao usuário trabalhar com conceitos matemáticos como: retas paralelas, retas perpendiculares, conceitos sobre polígonos, poliedros, propriedades das figuras planas, entre outros, sem a demasiada axiomatização das fórmulas, dos algoritmos “prontos” e ainda sem a grande abstração da Geometria, comumente apresentada, no ensino tradicional.. Desse modo, assinala-se que, os professores em Educação Matemática podem utilizar o ambiente do Logo Tridimensional visando à exploração dos conceitos geométricos, acima mencionados e, ainda, explorar com seus alunos conceitos de projeção cônica, transformações no plano – rotação, reflexão e translação –, rotação de sólidos, entre outros conceitos relacionados à geometria espacial.

Na apresentação das diversas situações-problema, pôde ser constatado que o desenho de uma figura, sem o recurso tecnológico da holografia, implica em um tipo de raciocínio mais complexo para o usuário, o qual terá que considerar movimentos da tartaruga que não são os mesmos utilizados no Logo Bidimensional, pois o Logo Tridimensional envolve

também a noção de profundidade, enquanto que no plano (Logo Bidimensional) só se trabalha com duas dimensões: a altura e a largura.

Segundo Baranauskas e Miskulin (1994), é importante notar que, assim como muitas pessoas acreditam não ter aptidão para a Matemática, encontram-se também pessoas que se dizem "inaptas" para a Geometria Espacial por não conseguirem "enxergar" objetos tridimensionais pelas suas representações em perspectivas. Essa barreira não parece muito diferente da "matofobia" (Papert, 1985). Quebrar essa barreira envolve, muitas vezes, uma mudança na postura de aprendizes. Nesse sentido, cabe aos pesquisadores propiciar contextos favoráveis para que seus alunos desenvolvam a criatividade, o senso crítico e o potencial de resolução de problemas, essenciais ao processo de se "fazer" matemática.

Com essas perspectivas em mente, como transpor as concepções e pressupostos delineados neste capítulo e nos precedentes em um Estudo de Caso, o qual aborda a construção e a representação de conceitos geométricos em contextos práticos de resolução de problemas, no ambiente do Logo Tridimensional? Assim sendo, o Capítulo 7, versará sobre os fundamentos teórico-metodológico desse Estudo de Caso.

CAPÍTULO 7

CONSIDERAÇÕES TEÓRICO-METODOLÓGICAS SOBRE O ESTUDO DE CASO

> *"Enquanto tudo funciona suavemente e conseguimos o que queremos fazendo o que fazemos, não há necessidade de grande esforço de reflexão ou justificação de nossa parte. É quando insatisfação ou dúvida aparece, que um novo nível de reflexão é requerido. Dúvida aparece em uma variedade de situações que são diferentes para diferentes pessoas. Por exemplo, dúvida pode aparecer quando não estamos mais certos sobre o valor de um pensamento, quando somos repetidamente contraditos em nossas crenças ou quando não conseguimos o que queremos fazendo o que fazemos. Genericamente, dúvida aparece quando percebemos discrepância entre um estado desejado e um estado corrente. Perceber uma discrepância na maioria das vezes chama por uma mudança e coloca em movimento uma busca por novas e mais acuradas estratégias, para diminuir a diferença." (Ackermann, 1990).*

Este capítulo aborda considerações teórico-metodológicas sobre o Estudo de Caso[1] que será realizado nesta pesquisa, ressaltando o **Problema**, os **Objetivos**, e a **Metodologia**. Tais considerações objetivam elucidar concepções e pressupospos importantes e necessários para fundamentar a descrição e análise dos procedimentos dos sujeitos pesquisados em situações práticas de Resolução de Problemas. Para tanto, descrevem-se algumas considerações.

7.1) Contextualizando Pesquisa Educacional

7.1.1) O Que é uma Pesquisa Inserida no Contexto Educacional e Social?

Encontram-se, na literatura sobre pesquisa educacional, várias abordagens, que se relacionam com o problema de investigação, com os propósitos a serem alcançados, com o contexto cultural, entre outros aspectos que devem ser considerados em uma pesquisa. Nesse cenário, insere-se o pesquisador, como um ser histórico que trazendo para o contexto da pesquisa seus conhecimentos, valores e crenças, busca investigar e compreender as complexas relações existentes entre o objeto de estudo, sua própria história e os sujeitos da pesquisa inseridos em um contexto mais amplo.

Mas, como conceitualizar pesquisa científica? Nessa perspectiva, Lorenzato e Fiorentini (1998), no artigo intitulado: *Iniciação à Investigação em Educação Matemática*,

---

[1] Ressalta-se que o Estudo de Caso, realizado nesta pesquisa, será apresentado, descrito e analisado no Capítulo 8.

abordam, entre outros aspectos, questões e reflexões sobre a investigação científica, conceitualizando pesquisa sob a ótica de vários autores. Assim sendo,

> "A pesquisa científica é uma investigação metódica acerca de um determinado assunto com o objetivo de esclarecer aspectos do objeto em estudo." (Bastos e Keller, 1995: 53).
> "Pesquisa é uma atividade humana, honesta, cujo propósito é descobrir respostas para as indagações ou questões significativas que são propostas." (Trujillo, 1982: 167).
> "Pesquisar significa perseguir uma interrogação (problema, pergunta) de modo rigoroso, sistemático , sempre andando em torno dela, buscando todas as dimensões …qualquer que seja a concepção de pesquisa assumida pelo pesquisador." (Bicudo, 1993: p.18-19).
> "Segundo Kilpatrick (1994): "pesquisa é uma indagação metódica ou estudo sistemático e consistente de problemas". "O termo indagações sugere que o trabalho seja direcionado para responder a uma questão específica…. O termo metódica significa que a investigação, por um lado, é guiada por conceitos e métodos e, por outro, é aberta de modo que a linha de inquérito possa ser examinada e verificada. A exigência de um método de investigação não significa que a pesquisa deva ser "científica" no sentido de estar embasada empiricamente na testagem de hipóteses." (Lorenzato e Fiorentini, 1998, p.15).

Em Miskulin (1994a), algumas reflexões sobre pesquisa, educacional foram abordadas, assim sendo, nesse momento, enfatizam-se alguns aspectos considerados necessários no presente trabalho. Dessa forma, entre os vários autores que tratam sobre esta temática, Aparecida J. Gouveia faz uma retrospectiva histórica entre as linhas de pesquisas educacionais no Brasil, explicitando que essas linhas de pesquisas inicialmente enfocavam uma tendência psico-pedagógica, cujas temáticas referiam-se ao estudo do desenvolvimento de medidas de aprendizagem. Com o passar dos anos, essas tendências foram se ampliando, passando também a abordar condições culturais, tendências da sociedade brasileira e enfocando as relações entre professor, aluno, sistema escolar e outros aspectos da sociedade (p.120).

Nessa mesma perspectiva, D'Ambrosio (1997), explicita algumas considerações importantes sobre pesquisa educacional. Segundo suas palavras,

> "O elo entre o passado e o futuro é o que conceituamos como presente. Se as teorias vêm do conhecimento acumulado ao longo do passado e os efeitos da prática vão se manifestar no futuro, o elo entre teoria e prática deve se dar no presente, na ação, na própria prática. E isso nos permite conceituar pesquisa como o elo entre teoria e prática." (p.80, grifo da pesquisadora).

Ainda o referido autor, descrevendo a dinâmica da geração e da organização do conhecimento, como sendo:"*…teoria→ prática→ teoria→ prática→ teoria*…", ressalta que

> "Sendo a pesquisa o elo entre teoria e prática, parte-se para a prática, e portanto se fará pesquisa, fundamentando-se em uma teoria que, naturalmente, inclui princípios metodológicos que contemplam uma prática. Mas, um princípio básico das teorias de conhecimento nos diz que as teorias são resultados das práticas. Portanto, a prática resultante da pesquisa modificará ou aprimorará a teoria de partida e assim modificada ou aprimorada essa teoria criará necessidade e dará condições de mais pesquisa, com maiores detalhes e profundidade, o que influenciará a teoria e a prática. Nenhuma teoria é final, assim como nenhuma prática é definitiva, e não há teoria e prática desvinculadas." (D'Ambrosio, 1997, p.81).

Com as concepções, acima delineadas, a pesquisa educacional deve relacionar-se diretamente com os problemas sociais, econômicos e políticos de nossa sociedade. Em outras palavras, deve levar em conta o processo ensino/aprendizagem dentro de um contexto

cultural amplo, no qual vários aspectos interferem e influenciam a geração, elaboração, construção e disseminação do conhecimento.

Pesquisar, então, seria promover o confronto entre os dados, as hipóteses, as evidências, as informações coletadas sobre um determinado assunto e o conhecimento teórico acumulado a respeito desse assunto, entre outros aspectos. Nesse contexto, reúnem-se o pensamento e a ação do pesquisador, quando ele procura elaborar os conhecimentos sobre aspectos da realidade estudada, os quais serão utilizados para responder ou não ao problema proposto.

Essa concepção imediata e contínua do processo de pesquisa insere-se em uma corrente de pensamento acumulado e remete-nos ao caráter social de pesquisa. Nota-se a dimensão social no conceito de pesquisa em Demo (1990), quando este autor postula que "Tanto a pesquisa quanto o pesquisador estão inseridos na vida em sociedade; mas com suas histórias, competições, interesses e ambições ao lado da legítima busca do conhecimento científico".

Esse conhecimento não vem desprovido do nada como uma verdade absoluta, vem sempre marcado pelos sinais do tempo, do pesquisador e da pesquisa, comprometidos com sua realidade histórica. A construção da ciência é um fenômeno social por excelência. Segundo Alves (1988): "Todo ato de pesquisa é um ato político".

Ainda nesta mesma perspectiva, Demo (1990) discutindo, entre outros aspectos, a dimensão social e política da pesquisa, conceitualiza pesquisa "…como o diálogo inteligente com a realidade, tomando-o como processo e atitude, e como integrante do cotidiano" (p.36). Expressa que o diálogo não se restringe à conversa, ao discurso, mais do que isso, trata sobretudo, de comunicação, com todos os seus riscos e desafios; não constituindo apenas o fenômeno de indivíduos que se encontram e se defrontam, mas inclui uma complexa comunicação entre eles. E, desse modo, conforme as suas palavras,

> "Pesquisar, assim, é sempre também dialogar, no sentido específico de produzir conhecimento do outro para si, e de si para o outro, dentro de um contexto comunicativo nunca de todo devassável e que sempre pode ir a pique. Pesquisa passa a ser, ao mesmo tempo método de comunicação, pois é mister construir de modo conveniente a comunicação cabível e adequada, e conteúdo da comunicação, se for produtiva. Quem pesquisa tem o que comunicar. Quem não pesquisa apenas reproduz ou apenas escuta. Quem pesquisa é capaz de produzir instrumentos e procedimentos de comunicação. Quem não pesquisa assiste à comunicação dos outros." (p.39).

7.2) Contextualizando o Problema da Pesquisa

Com a introdução e disseminação da Informática na sociedade e na educação, uma nova lógica impõe-se e estabelece-se entre nós. Lógica esta que influencia a concepção de mundo do sujeito, modificando seu modo de pensar, seu sistema de valores e suas crenças, impelindo-o a buscar, cada vez mais, novos caminhos nas diversas dimensões de seu pleno desenvolvimento como cidadão.

Diante desse cenário, uma questão que se impõe aos professores-educadores, expressa-se por: Como seria possível resgatar e compatibilizar esta nova lógica que se faz presente com o avanço da tecnologia, com uma concepção de ensino Construtivista?

Com essas perspectivas em mente, inseridos em uma busca e investigação constantes, tentando compreender e interpretar esta nova lógica que se impõe cada vez mais, com mais intensidade, propõe-se, nesta pesquisa, refletir sobre os métodos de trabalho e teorias de ensino, tornando-os compatíveis com as novas maneiras de gerar e dominar o conhecimento. Para tanto, aborda-se nessa pesquisa, o problema de investigação, abaixo delineado.

7.2.1) Problema da Pesquisa

É possível resgatar as possibilidades didático-cognitivas do Logo Tridimensional na exploração pedagógica de conceitos geométricos?

Resgatar as possibilidades didático-cognitivas do Logo Tridimensional na exploração pedagógica de conceitos geométricos significa, em outras palavras, elucidar aspectos matemáticos, computacionais e microgenéticos, inerentes ao processos de exploração e construção de conceitos geométricos, através de resolução de problemas, em ambientes informatizados.

E, além disso, significa também oferecer aos professores e pesquisadores da área subsídios para uma possível reflexão e redimensionamento de suas estratégias de ensino e métodos de trabalhos, adequando-os aos avanços tecnológicos que perpassam pela Educação.

Para tanto, nesta pesquisa, será realizado um Estudo de Caso, com enfoque qualitativo, no qual se pretende investigar os processos mentais e computacionais subjacentes às estratégias criadas pelos sujeitos pesquisados no processo de exploração e de construção de conceitos geométricos, em situações práticas de Resolução de Problemas.

7.3) Objetivos da Pesquisa

O objetivo da presente pesquisa consiste em buscar e investigar as possibilidades metodológicas e pedagógicas sobre a introdução e utilização de computadores (Logo Tridimensional) em ambientes de aprendizagem da Matemática e, mais especificamente, da Geometria, viabilizando, dessa forma, uma reflexão e uma análise crítica sobre a utilização de computadores no ensino, respondendo ao processo de informatização que se constitui uma exigência para o crescimento e desenvolvimento de toda sociedade em nossos dias.

Um objetivo mais amplo seria traçar algumas considerações de natureza metodológica decorrentes desse estudo, propiciando aos professores e pesquisadores da área, um repensar sobre a sua prática pedagógica, adequando-a às novas necessidades que se impõem com o avanço da tecnologia e dessa forma, contribuir para um possível redimensionamento no processo ensino/aprendizagem da Geometria.

7.4) Metodologia da Pesquisa

Será realizado nesta pesquisa um **Estudo de Caso** com enfoque qualitativo, no qual serão investigados os processos mentais e computacionais envolvidos nas construções de conceitos geométricos de dois sujeitos pertencentes à 8ª série do ensino fundamental da rede

particular de ensino de Campinas[2], durante doze meses dos anos de 1997/1998, por meio de situações práticas de **Resolução de Problemas**. Ressalta-se que os sujeitos pesquisados, já haviam trabalhado anteriormente na escola com o Logo bidimensional, porém não conheciam o ambiente da tartaruga Tridimensional.

Essa investigação processou-se através da **Análise Microgenética** da atividade cognitiva. Tal análise refere-se à pertinência dos conhecimentos em um dado contexto, em que são levados em conta os sistemas axiológicos dos sujeitos, ou seja, os valores, a importância que eles atribuem às suas estratégias, à criação das heurísticas no processo de investigação, à busca e à descoberta para resolverem problemas em ambientes informatizados.

Para viabilizar a análise acima proposta, utilizou-se um cenário composto por ambientes informatizados – ambiente Logo inserido em ambiente multimídia (*AVI Constructor*[3]) e artefatos pedagógicos manipuláveis. Esse cenário constituiu-se em um contexto favorável ao desenvolvimento da exploração e construção de conceitos geométricos pelos sujeitos pesquisados.

7.4.1) Aspectos Relacionados aos Procedimentos Metodológicos

Nessa pesquisa, os **procedimentos metodológicos,** abaixo elencados, fizeram-se presentes.

Depoimentos dos sujeitos, diálogos e comentários sobre o ensino tradicional de Geometria comparado com o aprendizado de conceitos geométricos através do Sistema Computacional Logo, foram considerados em distintos momentos dessa interação, mais especificamente quando se referiam às explicitações das estratégias utilizadas pelos sujeitos ao resolver as situações-problema propostas.

Ressalta-se que nesta pesquisa algumas sessões, seguindo a orientação metodológica da pesquisa microgenética, foram filmadas em video cassete e a documentação abrange também considerações tecidas pelos sujeitos pesquisados sobre a utilização do Logo nas aulas de Matemática em sua escola. A filmagem das sessões objetivou processar uma descrição comentada das condutas cognitivas dos sujeitos, podendo, sempre que necessário, ser recuperada em seus momentos mais significativos, tais como: explicitação de suas estratégias, transposições de conhecimentos anteriores a novas situações-problema, criação de heurísticas, depurações e reavaliações de seus programas, entre outros.

Nesse estudo foram utilizadas também a leitura, a análise e a descrição dos arquivos referentes aos procedimentos e aos programas elaborados pelos sujeitos, e gravados em disquetes, objetivando recuperar momentos do processo interativo do sujeito com o computador.

---

[2] Ressalta-se que os dois sujeitos pertencentes ao Estudo de Caso, realizado nesta pesquisa foram selecionados por indicação de professores da escola em que estudam.

[3] Esse software já foi introduzido e comentado no Capítulo 4 desta pesquisa.

Atividades extra-computador também foram desenvolvidas na medida em que se fazia necessário recorrer a objetos concretos a fim de manipulá-los para refletir e abstrair as características de suas formas e representá-las através do sistema computacional Logo, na tela do monitor.

Assim sendo, foram utilizados artefatos metodológicos de apoio, tais como: três eixos ortogonais formados por canudos de refrigerante, planos ortogonais e maquetes construídos com cartolinas, planificação de vários sólidos poliédricos através da "desmontagem" de caixas com diferentes formatos, tais como: creme dental, caixa de leite (prisma quadrangular), caixa de chocolate (prisma triangular), embalagem de perfume (prisma hexagonal) e também foram utilizados alguns sólidos de madeira e acrílico, com a finalidade de serem manipulados concretamente.

Ressalta-se que esses procedimentos metodológicos foram de extrema importância para os sujeitos, no processo de resolução de problemas, pois a possibilidade de integrar o material concreto com o problema na tela, com as particularidades inerentes a essa nova mídia – o ambiente Logo –, propiciou aos sujeitos a reestruturação de suas estratégias por meio da constante comparação entre o problema proposto e os resultados de programação. E, ainda, a análise e reflexão dos seus erros ou "debugging"[4], possibilitou-lhes processos mentais cada vez mais elaborados.

O processo de resolução de problemas no contexto da Geometria da Tartaruga – ambiente Logo –, foi evidenciado nos diversos momentos em que os sujeitos precisaram reelaborar as suas estratégias, reestruturando seus conhecimentos anteriores e adaptando-os ao novo sistema de representação exigido pelas particularidades do sistema Logo bidimensional e tridimensional.

Convém ressaltar que no ambiente Logo, com essa metodologia, os sujeitos não encaram os erros como sinais de incapacidade, porém como fonte de dados que podem ser aproveitados para explicar melhor as conseqüências de suas estratégias. Dessa forma, no processo de resolução de problema, o erro assume um aspecto importante na exploração e construção dos conceitos. A partir do "debugging" ou análise de erros processa-se a reestruturação mental do aluno, e conseqüentemente, nesse processo é que ocorre a verdadeira aprendizagem.

Nessa mesma perspectiva, Valente (1993a), ao escrever sobre o erro no ambiente Logo, ressalta que

> "A análise do erro e sua correção constitui uma grande oportunidade para a criança entender o conceito envolvido na resolução do problema em questão. Portanto, no Logo, o erro deixa de ser uma arma de punição e passa a ser uma situação que nos leva a entender melhor nossas ações e conceitualizações." (p.19).

Enfatiza-se que esses aspectos foram apresentados e aprofundados no Capítulo 4, desta pesquisa, que trata sobre os fundamentos teórico-metodológicos da linguagem computacional Logo.

---

[4] Debugging: será utilizado nesta pesquisa para explicitar depuração do programa ou análise da programação.

Um outro procedimento metodológico utilizado nessa pesquisa consistiu-se no fato de que os sujeitos pesquisados inseriram-se em busca, investigação em alguns "sites" da Internet, objetivando encontrar elementos e subsídios para a elaboração dos projetos realizados por eles.

Nessa pesquisa, o planejamento e reestruturação de cada sessão processaram-se após análise, reflexão, depuração e descrição das atividades realizadas e, para tanto, foram consideradas as intervenções da pesquisadora nos diferentes momentos desse estudo. Enfatiza-se ainda que as modificações que os sujeitos fizeram ao programar foram decorrentes dos processos mentais pelas quais elas se efetivaram.

Nessa interação, ressalta-se que os processos cognitivos dos sujeitos pesquisados foram considerados sob a ótica da **análise Microgenética** do comportamento cognitivo do sujeito, ou seja, aquela que se relaciona aos aspectos funcionais da adaptação do sujeito ao real, aspectos esses evidenciados na transformação das **idéias** geométricas em **formas** geométricas, essência do Logo Tridimensional.

Em outras palavras, trata-se de uma análise inferencial que se relaciona à pertinência dos conhecimentos em um dado contexto, em que serão levados em conta os sistemas axiológicos do sujeito, ou seja, os valores, a importância que ele atribui às suas estratégias, a criação das heurísticas no processo de busca, investigação e descoberta para resolver problemas geométricos em ambientes informatizados ou não.

Enfatiza-se que serão tecidas considerações teórico-metodológicas a respeito desta análise, mais adiante, no presente capítulo.

Faz-se necessário e pertinente nesse momento esclarecer que os pressupostos teórico-metodológicos referentes ao sistema Logo Bidimensional e Tridimensional (Capítulos 4, 5 e 6 desta pesquisa), foram fundamentais para a análise realizada no Estudo de Caso desta pesquisa.

7.5) Contextualizando o Estudo de Caso

7.5.1) Por que Estudo de Caso?

Convém delinear algumas reflexões sobre a escolha metodológica assumida nesta pesquisa. Em outras palavras, por que realizar um Estudo de Caso?

Refletindo sobre esta pesquisa, seus objetivos e sobre o problema de investigação – **É possível resgatar as possibilidades didático-cognitivas do Logo Tridimensional na exploração pedagógica de conceitos geométricos?**, buscou-se na literatura diversas abordagens qualitativas sobre pesquisas educacionais, e optou-se pela realização de um Estudo de Caso, com enfoque qualitativo, que se adequa aos propósitos e ao problema desta pesquisa. Assim sendo, descrevem-se considerações sobre essa modalidade de pesquisa.

Conforme Lüdke et al. (1986) quando o objetivo do pesquisador consiste em estudar algo singular, que possua um significado, um valor em si mesmo, deve-se escolher o Estudo de Caso (p.17). Trata-se, portanto, de uma modalidade de pesquisa que se desenvolve em

uma situação natural, sendo rica em dados descritivos, e ainda, possuindo um plano aberto e flexível ao focalizar a realidade de forma complexa e contextualizada.

De acordo com as autoras acima referidas, algumas características do Estudo de Caso, devem ser levadas em conta pelos pesquisadores no processo de realização de suas pesquisas. Entre estas destacam-se as mais significativas, em nossa concepção.

Os Estudos de Caso visam à descoberta

Sob essa característica, ressalta-se que durante a realização de um Estudo de Caso, os dados emergem da interação: pesquisador, sujeitos pesquisados e objeto do estudo, através de diálogos, e intervenções. Essas características se fundamentam no pressuposto de que o conhecimento não é algo acabado, pronto, mas uma construção que se faz e refaz constantemente. Assim sendo, durante o processo de investigação, o pesquisador busca a todo o momento, novas indagações, novas questões no desenvolvimento de seu trabalho.

Os Estudos de Caso enfatizam a interpretação em contexto

Nessa perspectiva, o pesquisador para compreender melhor a manifestação geral de um problema, e ainda, compreender os comportamentos e as interações dos sujeitos pesquisados, deve sempre que possível analisar essas manifestações de acordo com o contexto em que se inserem.

Os Estudos de Caso buscam retratar a realidade complexa e profunda

Sob esse aspecto, enfatiza-se que a abordagem do pesquisador, ao analisar e interpretar os dados obtidos em uma pesquisa, deve revelar a multiplicidade das dimensões presentes nas situações-problema pesquisadas.

Os Estudos de Caso revelam experiência vicária e permitem generalizações naturalísticas

Nessa perspectiva, o pesquisador deve procurar descrever e analisar os dados coletados em uma determinada situação de investigação, de modo que, possa surgir do leitor "generalizações". Nesse sentido, conforme as palavras da referida autora, "Em lugar da pergunta: este caso é representativo do quê?, o leitor vai indagar: o que eu posso (ou não) aplicar deste caso em minha situação?" (Lüdke et al., 1986, p.19).

Tal generalização ocorre em função do conhecimento prévio do sujeito, à medida em que este relaciona os elementos do Estudo de Caso com suas experiências pessoais.

7.6) Categorias de Análise do Estudo de Caso

A descrição da análise desta investigação baseia se nos estudos sobre **Microgêneses Cognitivas**, na qual, como mencionado anteriormente, são ressaltados os processos cognitivos e computacionais inerentes a situações-problema trabalhadas pelos sujeitos pesquisados. Outras situações-problema, no entanto, poderão servir como exemplos explicativos e elucidativos que fornecerão aos professores e pesquisadores da área subsídios

metodológicos sobre a utilização do **Logo Tridimensional** na exploração pedagógica de conceitos matemáticos.

Enfatiza-se que a descrição da análise do Estudo de Caso processou-se prevalentemente por meio de duas **categorias**[5] básicas: dimensão **Microgenética**, como mencionado acima, e tendências e abordagens sobre **Resolução de Problemas** – "**Design" (Abdução)**. Ressalta-se **ainda** que vários **conceitos matemáticos** foram trabalhados nos projetos desenvolvidos pelos sujeitos, destacando-se com maior evidência, fundamentos e conceitos de **Simetria**, princípios de **Perspectiva**, construção e planificação de **sólidos geométricos**, entre outros. Enfatiza-se, nesse momento, algumas considerações teórico-metodológicas sobre essas categorias.

7.6.1) Análise Microgenética

Mas, no que consiste a **dimensão Microgenética**[6] da atividade cognitiva?

A Epistemologia Genética de Jean Piaget tem por objetivo estudar como o conhecimento passa de um *estado de validade* inferior para um outro maior, superior. A Psicologia Genética, por sua vez, tem como fim o estudo da passagem de um *estado de equilíbrio* inferior a um superior.

Hoje, as contribuições da Cibernética e da Inteligência Artificial, entre outros fatores, propiciaram o estabelecimento de relações entre a Epistemologia e a Psicologia Genéticas, constituindo o que modernamente a Escola de Genebra entende como Construtivismo Psicológico e Construtivismo Epistemológico.

Uma fecunda cooperação entre essas duas disciplinas iniciou-se através das ligações entre os últimos trabalhos de Piaget sobre as investigações psicológicas do sujeito cognoscente e os estudos desenvolvidos por Minsky, Papert, Cellerier e Inhelder (Inhelder e Cellérier, 1992).

De fato, a Escola de Genebra propõe-se atualmente a investigar o Construtivismo Psicológico, isto é, os procedimento em jogo na resolução de problemas particulares, ou seja, a funcionalidade da inteligência, mais do que a análise estrutural, geral do pensamento, que constitui o Construtivismo Epistemológico.

O Construtivismo Psicológico resgata os primeiros estudos de Piaget sobre a linguagem e pensamento da criança e sobre a inteligência sensório-motora, em que este autor apresenta uma psicologia do funcionamento da inteligência. Ao mesmo tempo, essa linha de investigação enriquece os primeiros trabalhos de Piaget com processos psicológicos mais complexos, que dizem respeito à elaboração de procedimentos e à representação semiótica.

---

[5] Categoria nesta pesquisa será concebida de forma dinâmica, como resultado da vontade conjunta e integrada de alguns sujeitos (pesquisadora, sujeitos pesquisados, objeto de estudo e teóricos e teorias que fundamentam esta pesquisa). Em outras palavras, categoria será considerada como uma construção social.

[6] Ressalta-se que essas considerações foram tratadas na Dissertação de Mestrado da autora. Por considerá-las de extrema importância, serão abordadas novamente nesta pesquisa, devido ao escasso número de publicações encontradas nessa linha de investigação – Logo Tridimensional e Microgêneses Cognitivas.

A Inteligência Artificial e os estudos sobre os processos de Resolução de Problemas permitiram uma nova ótica do funcionamento intelectual, que visa às condutas do indivíduo, mostrando como este reorganiza seus objetivos para chegar a realizar suas tarefas. Centram-se pois, sobre o caráter temporal das condutas do sujeito psicológico e constituem as chamadas Microgêneses Cognitivas. Tal abordagem estuda e descreve os procedimentos do sujeito idiossincrático, cuja elaboração se efetua em contextos práticos e comuns, em uma escala temporal, destacando a interação entre o sujeito e o objeto e analisando em detalhes as condutas cognitivas, ou seja, os encadeamentos, os cortes de ações, a atribuição de significação às tarefas, as escolhas dos instrumentos de conhecimentos postos em ação e o controle e a pertinência das ações aos fins a que se propõe o sujeito.

A construção Microgenética constitui um campo conceitual próprio para o estudo do funcionamento cognitivo, em período de conflitos, de transição, no qual se verifica a abertura para "novos possíveis" e o predomínio das Acomodações (Diferenciações) sobre as Assimilações (Generalizações).

A pesquisa Microgenética procura compreender como o sujeito controla informações que retira diretamente de suas ações, dos objetos e das relações entre ambos. Trata-se também das descrições que o sujeito faz ao atribuir significados. Destaca a influência das significações na representação das ações do sujeito, das suas relações com o objeto, em situação de Resolução de Problemas.

Os aspectos da atividade cognitiva privilegiados na perspectiva Microgenética de análise são aqueles que permitem estudar o sujeito cognoscente em suas intenções, valores e heurísticas. Possui igualmente uma dimensão teleonômica, que diz respeito aos objetivos, fins, propósitos do sujeito ao agir, e uma Axiologia, ou seja, uma dimensão relacionada às avaliações, aos valores que o sujeito atribui às suas próprias ações, com vistas a atingir objetivos determinados.

As heurísticas por sua vez, são estratégias que o sujeito compõe, norteado pelos seus objetivos, fins determinados e valores, levando em conta o que lhe é significante; recupera, dessa forma, a sua subjetividade no processo de redescoberta e busca em situações conflitantes. O diagrama a seguir ilustra a interpretação entre as dimensões funcionais do dinamismo microgenético.

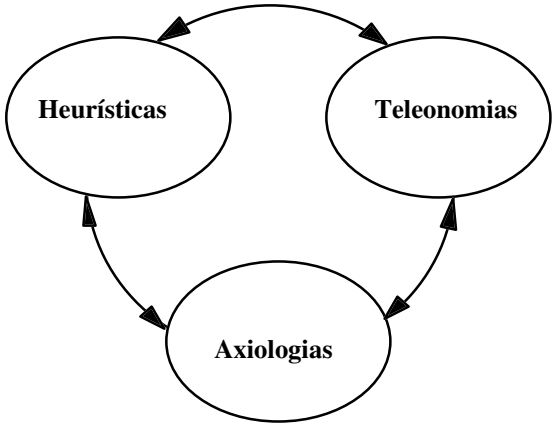


Figura 7.1 – Dinamismo Microgenético das Condutas Cognitivas

Finalmente a pesquisa Microgenética ou funcional relaciona-se ao sujeito psicológico, mas reconhece igualmente o sujeito epistêmico. Decerto, o conhecimento normativo é próprio do sujeito epistêmico e o conhecimento pragmático ou empírico é próprio do sujeito psicológico. Esses dois tipos diferentes de conhecimento se complementam ao se analisar a compreensão do sujeito cognoscente, quando concebido como construtor ativo do conhecimento.

7.6.2) Reflexões sobre Resolução de Problemas (Abdução)

Ressalta-se que a metodologia utilizada com os sujeitos do Estudo de Caso dessa pesquisa, consiste em uma metodologia baseada em **Resolução de Problemas**, no ambiente Logo.

7.6.2.1) Resolução de Problemas

Ao refletir sobre o estado atual de um determinado fenômeno, ou de uma situação, deparam-se, muitas vezes, com problemas e dúvidas, que nos fazem repensar e redimensionar nossas crenças e valores, impelindo a novas buscas e investigações com o propósito de transcender o estado atual, e encontrar algo novo, renovado, mais significativo aos propósitos desta pesquisadora.

Inseridos nesse cenário, encontra-se no significado das palavras de Ackermann (1990), um contexto propício para conceitualizar as dúvidas e problemas desta pesquisadora. Assim sendo, parafraseando a referida autora, as dúvidas podem surgir em uma variedade de situações que são diferentes para diferentes pessoas, em outras palavras, dúvidas ou problemas podem surgir quando não se estão mais certos sobre o valor de um pensamento, quando se são constantemente contraditos nas crenças ou quando não se conseguem os objetivos, fazendo as tarefas que normalmente se fazem. De um modo geral, dúvidas e problemas aparecem na percepção de discrepâncias entre um estado desejado e um estado corrente. A percepção de uma discrepância, muitas vezes chama por uma mudança e insere-se em movimento e busca por novas e mais acuradas estratégias, para diminuir esta diferença.

E, nessa busca e investigação, com o objetivo de minimizar as diferenças e discrepâncias existentes entre um estado desejado e um estado corrente é que, muitas vezes, depara-se com problemas a serem resolvidos. Inseridos nesse cenário, como se concebe resolução de problemas?

Com essas reflexões em mente, concebe-se resolução de problemas de uma maneira mais abrangente do que as abordagens encontradas na literatura sobre o assunto. Trata-se de concepções extremamente importantes e, pode-se inferir, pouco exploradas pelos pesquisadores em Educação Matemática.

Como mencionado anteriormente, com o advento da Informática na sociedade e na educação, uma nova lógica está se instalando e se estabelecendo nos meios de produção e disseminação do conhecimento, exigindo do indivíduo uma nova postura, um redimensionamento no processo de compreensão desses novos caminhos, dessas novas formas de gerar e dominar conhecimentos e conseqüentemente, uma nova forma de conceber **Resolução de problemas**. Assim sendo, resolução de problemas assume novas dimensões e

requer do indivíduo novas estratégias[7], novos processos cognitivos, e modelos abertos em busca de soluções, finalizações de tarefas práticas e de novas formas de **representar-se o conhecimento**.

Nesse sentido, qual seria a importância da **representação do conhecimento** em situações práticas de resolução de problemas?

Conforme Miskulin et al. (1996), a representação possui uma função instrumental e um caráter de semioticidade. Ambos são complementares e indissociáveis. A semioticidade é abordada por diferentes modos de representação: gestos, imagem, linguagem, entre outros. A instrumentalidade de representação garante ao sujeito a possibilidade de refletir sobre os objetivos e meios com os quais atua.

Na resolução de problemas identifica-se uma mobilidade crescente de representações. Tal qualidade parece estar assegurada por um funcionamento intermodal, isto é, por uma tradução de representações de uma modalidade para outra. É o que se observa quando o sujeito inventa procedimentos utilizando o gesto, a descrição verbal, ou o desenho. A intermodalidade proporciona ao sujeito fazer as modificações necessárias para organizar suas idéias iniciais, vencer disparates, contradições frente às representações escolhidas e transforma as representações em "objetos que ajudam a pensar", sobre os quais é possível operar. Observam-se progressos e também regressões temporárias quando um sistema de representações está sendo constituído pelo sujeito. Um dado conhecimento quando expresso por diferentes sistemas de representação torna-se cada vez mais compreensível ao sujeito. Quanto mais o sujeito conseguir concebê-los de diferentes perspectivas maior será a capacidade de sintetizá-lo (Miskulin et al., 1996, p.12).

Com este novo cenário tecnológico estabelecendo-se, cada vez mais intensa e rapidamente entre nós, que concepções estariam subjacentes aos processos de resolução de problemas?

A concepção de Resolução de Problemas abordada nesta pesquisa, não se configura pelo sentido clássico como vem sendo considerada pelos diversos autores que tratam sobre o assunto, que até o presente século não ultrapassaram dentro deste contexto, os raciocínios indutivo e dedutivo.

A concepção desta pesquisadora sobre Resolução de Problemas não se restringe a uma definição específica encontrada na literatura, por se considerar que esse fato não traduziria o significado que se pretende abordar nesta pesquisa, em outras palavras, concebe-se Resolução de Problema de uma maneira abrangente, sem pré-conceitos e pré-objetivos estabelecidos. Nesse sentido, o indivíduo ao resolver um determinado problema, interage com ele de modo a inserir-se em uma busca de soluções próprias, criando estratégias novas, heurísticas, levantando hipóteses, inferências e testando-as matematicamente.

---

[7] Nesta pesquisa, concebe-se estratégia da mesma forma que D'Ambrosio (1990), ou seja, estratégia é o resultado do processamento, por cada indivíduo, da informação que ele capta da realidade e que se manifesta em ação. O autor, acima citado, refere-se a indivíduo como aquele que possui a capacidade de processar informações que capta da realidade, definindo as suas próprias estratégias de ação (p.80).

Em outras palavras, concebe-se Resolução de Problemas como um processo pelo qual o indivíduo utiliza conhecimentos adquiridos, habilidades e estratégias para satisfazer a exigência de uma situação desafiante que se lhe apresenta. Parte significativa do desenvolvimento humano pode ser atribuída à habilidade característica do ser humano de resolver problemas.

Ressalta-se que deparam-se, algumas vezes, com situações problema, perguntas, questionamentos, em alguns momentos mais simples, em outros mais complexos, e defrontam-se constantemente com situações cujas soluções não são imediatas. Contudo, situações que representam problemas para alguns, não necessariamente constituem-se em problemas para outros. Assim sendo, tornam-se pertinentes as palavras de Popper (1978),

> "... cada problema surge da descoberta de que algo não está em ordem com o nosso suposto conhecimento; ou examinando logicamente, da descoberta de uma contradição interna entre nosso suposto conhecimento e os fatos; ou declarado talvez mais corretamente, da descoberta de uma contradição entre nosso suposto conhecimento e os supostos fatos." (p.14) (grifo da pesquisadora).

Parafraseando Mendonça (1993), entende-se problema como uma situação que gera conflito, sendo que sua solução não se apresenta de forma óbvia; em outras palavras, quando o sujeito frente a situações-problema, recorre a um conjunto de soluções disponíveis a ele e não consegue soluções adequadas, insere-se em uma busca e investigação sobre estratégias próprias, originais, isto é, cria heurísticas.

Mas, no que consiste a heurística?

A Heurística era a ciência que tratava de estudar e entender o pensamento criador. Conforme abordado em Miskulin (1994a), heurística é o método analítico para descobrir a verdade científica (p.148).

Analisando publicações em Educação Matemática, tanto nacionais, quanto internacionais a respeito de Resolução de Problemas, constata-se que atualmente, concebe-se heurística como sinônimo de sugestão, estratégia própria, ou ainda "palpite" de que o sujeito lança mão para alcançar seus objetivos no processo de resolução de seu problema. Assim sendo, o processo heurístico na solução de um determinado problema, não se relaciona com soluções algorítmicas prontas, nem tampouco com objetivos pré fixados e etapas pré-definidas de soluções; trata-se, pois de processos abertos de raciocínios, processos que levam em conta, além dos raciocínios dedutivos e indutivos, os raciocínios abdutivos[8].

Nessa linha de pensamento, Mendonça (1993) tecendo considerações sobre Resolução de Problema aborda o estudo heurístico da seguinte maneira:

> "O estudo heurístico tem por objetivo compreender as operações mentais típicas que se aplicam à **Resolução de Problemas** e elaborar métodos e modos de direção dos processos solucionadores. Vários estudiosos dos meios heurísticos – Aristóteles (384 – 322 AC), Descartes (1596 – 1650), Leibniz (1646 – 1716), Bolzano (1781 – 1848), Poincaré (1854 – 1912), Einstein (1879 – 1955), entre outros – caracterizam a solução de problemas como um processo no qual as soluções surgem como **vislumbres instantâneos**, não podendo ser analisadas com regras comuns do pensamento. Daí,

[8] Sobre esse tipo de raciocínio serão tecidas considerações e reflexões mais adiante, ainda nesse capítulo.

> a não indicação por parte destes, de estratégias e sugestões, sobre como dirigir o pensamento heurístico." (p.262, grifo da pesquisadora).

Ressalta-se que Resolução de Problemas, constitui uma linha de pesquisa muito enfatizada nos congressos nacionais e internacionais em Educação Matemática. Várias abordagens diferentes são atribuídas a essa temática.

Nessa perspectiva, Mendonça (1993) tecendo considerações sobre Resolução de Problemas, descreve as abordagens de diversos autores sobre esse tema. Cita, entre outros, Polya, Shoenfeld, Lester, Gaulin, Kilpatrick e D'Ambrosio. Nesse sentido, recorre à Branca (1980), quando relativisa o significado do termo Resolução de Problemas, expressando-se por essas palavras:

> "Resolução de Problemas, então, é uma expressão que engloba muitas coisas que podem significar coisas diferentes para diferentes pessoas num mesmo momento e coisas diferentes para uma mesma pessoa em momentos diferentes" (Branca**[9]**, citado por Mendonça, 1993, p.259).

Nessa mesma linha de pensamento, D'Ambrosio (1990), ao tecer considerações sobre o caráter utilitário da Educação Matemática, aborda Resolução de Problemas, explicitando, entre outros aspectos, que

> "A educação matemática tradicional é, na verdade, obsoleta e ineficiente. Por outro lado, o utilitarismo não atende à nova ênfase sobre as aplicações aos problemas reais do mundo. Uma abordagem verdadeira deve tomar uma direção diferente. Não há autenticidade nas chamadas "resoluções de problemas" reforçadas no começo dessa década. Até mesmo num conceito mais abrangente como, por exemplo, aquele que nos dá a "Agenda for Action" (NCTM, 1980), a ênfase é dada sobre problemas apresentados de modo formulado, já codificados. Situações reais são, na verdade, situações simuladas e, embora haja o desejo de trabalhar com situações "realmente reais", essas não conseguem entrar na sala de aula, a menos que se mude de atitude com relação à matemática." (p.28, grifo da pesquisadora).

Ainda discorrendo reflexões sobre Resolução de Problemas, o referido autor, enfatiza que

> "A abordagem alternativa à resolução de problemas requer uma dedicação efetiva das crianças em práticas globais…. A resolução de problemas é na verdade vista de um modo mais amplo, que combina processos modelados e programas de treinamento com criatividade. A avaliação se torna mais qualitativa do que quantitativa, mais uma pesquisa afetiva orientada do que uma pesquisa orientada de atuação. O sistema de monitoração deve considerar alguns indicadores novos. É fundamental saber quais os indicadores que devem ser usados num sistema de avaliação orientada, afetivo e qualitativo, quando passamos da resolução tradicional de problemas para a abordagem de modelos." (D'Ambrosio, 1990, p.29) (grifo da pesquisadora).

Com as perspectivas delineadas acima, nesta pesquisa resolução de problema é concebida como uma atividade de "design"**[10]**, na qual a própria formulação e definição do problema constitui-se em tarefas desafiantes para o sujeito. Inserido nesse contexto, o sujeito cria hipóteses, conjecturas; à medida em que compõe as suas estratégias, relaciona-as

---

[9] Branca, N. A. (1980) *Problem Solving as a Good Process, and Basic Skill*, In: Problem Solving in School Mathematics, USA. Yearbook, NCTM, p.3.

[10] Enfatiza-se que sobre atividade de design, serão tecidas considerações, ainda nesse capítulo.

com os seus objetivos e com o contexto em que está atuando. Trata-se de situações-problema que contém características próprias do sujeito, sem soluções e respostas prontas, com processos cognitivos que levam em conta palpites e riscos, ou seja, raciocínios abdutivos, além de raciocínios dedutivos e indutivos.

7.6.2.2) Concepções Psico-Pedagógicas sobre Resolução de Problemas

Mas quais seriam os tipos de raciocínio subjacentes aos processos de resolução de problemas?

Ressalta-se que buscaram-se na literatura, sobre o assunto, algumas abordagens sobre os diversos **tipos de raciocínios** inerentes às atividades cognitivas no processo de **resolução de problema**. Apresentam-se algumas considerações a este respeito.

Ao discorrer sobre aspectos importantes sobre Resolução de Problemas, relacionados à Educação Matemática, D'Ambrosio (1990), cita Umberto Eco e Thomas A. Sebeok[11], quando estes acrescentam o **raciocínio abdutivo** aos aspectos gerais de processos de Resolução de Problemas. Segundo D'Ambrosio,

> "Enquanto os debates sobre a resolução de problemas se concentram sobre modos "indutivo-dedutivos" de pensamento, a **abdução**, que pode ser conceituada como uma conjectura sobre a realidade e que precisa ser avaliada através de testes, parece ser o componente básico para se trabalhar com uma situação real." (D'Ambrosio, 1990, p.30) (grifo da pesquisadora).

Ainda nessa mesma linha de pensamento, o referido autor diz que "De acordo com Charles Pierce[12] (1977), a abdução aparece juntamente com indução e dedução, como um modo especial de pensar no processo cognitivo" (D'Ambrosio, 1990, p.30).

Sabe-se que o raciocínio humano é composto por tipos de raciocínios distintos e muitas vezes complementares. Descrevem-se, nesse momento, algumas reflexões sobre essa temática.

Transdução

Conforme Miskulin (1994a), **Raciocínio Transdutivo** é o raciocínio que não possibilita ao sujeito realizar transformações no contexto em que está atuando. Encontra-se no **raciocínio transdutivo** o raciocínio analógico, que relaciona parte por parte, do particular para o particular, que faz correspondências e analogias, sem transformar o contexto em que se insere.

Para exemplificar, reporta-se a uma situação real, na qual o raciocínio analógico está implícito, e na qual percebe-se o conhecimento matemático expresso pela Correspondência Biunívoca.

---

[11] Para um aprofundamento desse tema ver Umberto Eco e Thomas A. Sebeok em *The Sign of Three*, Bloomington, Indiana University Press, 1983, citado por D'Ambrosio, 1990, p.30.

[12] Charles S. Peirce está situado dentro da escola americana conhecida como pragmatismo. Sua obra, produzida há quase 100 anos, só recentemente tem sido reconhecida, e tem, em particular, fornecido o ponto inicial para tratamentos contemporâneos de problemas semióticos (Carrasco, 1992, p.71).

Em uma sala de teatro, cuja a quantidade de poltronas é determinada e conhecida previamente, pode-se determinar facilmente o número de pessoas presentes apenas pela percepção e consciência do número de poltronas vazias.

No contexto escolar, refere-se a um exemplo matemático no qual se evidencia o raciocínio analógico, qual seja, a partir de um sistema de eixos ortogonais, pode-se associar a ele pontos do plano determinados pelas suas coordenadas (abcissas e ordenadas).

Sobre este tipo de raciocínio, a **transdução**, Brenelli (1996), ao tecer considerações sobre os diversos tipos de raciocínio no jogo de regras, aborda a transdução recorrendo a Piaget, quando este postula que a transdução consiste em um tipo de raciocínio forte e mal visto. Trata-se de raciocínios intuitivos que vão do particular ao particular sem necessidade de premissas gerais. Conforme as palavras da referida autora, citada acima, "Baseia-se nas experiências daquele que raciocina sobre uma visão global das coisas, apoiando-se nas semelhanças entre elas." (Brenelli, 1996, p.131).

Segundo Piaget (1967/1977), essas formas de raciocínio "são raciocínios primitivos que não procedem por dedução, mas por analogias imediatas" (Piaget[13], p.132, citado por Brenelli, 1996, p.131).

Um outro tipo de raciocínio humano é o **Raciocínio Lógico** que consiste em um tipo de raciocínio que possibilita ao sujeito realizar transformações no contexto em que está atuando. Este tipo de raciocínio se subdivide nos seguintes raciocínios: **Indutivo** (da parte para o todo); **Dedutivo** (do todo para a parte) e **Abdutivo** (combinação do indutivo e do dedutivo com um componente a mais, a Reificação, que são hipóteses ou conjecturas testáveis matematicamente).

Quanto à reificacão, D'Ambrosio (1990), explicita que

> "A reificação é apresentada como "a atividade mental na qual se dá uma forma concreta, simplificada e rotulada com palavras ou outros símbolos, a fenômenos vagamente perceptíveis e relativamente inatingíveis tais como arranjos complexos de objetos ou atividades", e os autores a identificam como característica unicamente encontrada nos seres humanos." (p.30).

Indução

Nos trabalhos de Pierce (1977), encontram-se também descritos os diversos tipos de raciocínios. Ele aborda **indução** da seguinte forma, conforme suas próprias palavras,

> "Um modo de raciocínio que adota uma conclusão como aproximada por resultar ela de um método de inferência que, de modo geral, deve no final conduzir à verdade. Por exemplo, um navio carregado de café entra em um porto. Subo a bordo e colho uma amostra de café. Talvez eu não chegue a examinar mais do que cem grãos, mas estes foram tirados da parte superior, do meio e da parte inferior de sacas colocadas nos quatro cantos do porão do navio. Concluo por **indução** que a carga toda tem o mesmo valor, por grão, que os cem grãos da minha amostra. Tudo que a indução pode fazer é determinar o valor de uma relação." (p.6, grifo da pesquisadora).

[13] Piaget (1967/1977) *Psicologia da Inteligência*. Trad. Nathanael C. Caixeiro. Rio de Janeiro: Zahar Editores.

Desse modo, a **indução** admite uma conclusão como sendo uma inferência que no processo final deve resultar em uma verdade. Nessa mesma perspectiva, Brenelli (1996) recorre a Grize(1990)[14], quando este reconhece que a indução possui um valor didático, auxilia na compreensão e conduz a interrogar sobre o que pode ser paradigmático ou não (Grize, 1990, citado por Brenelli, 1996, p.130).

Segundo a autora acima referida, Grize trata a **indução** como uma exploração que na vida diária encontra-se em forma de caricatura. Com o objetivo de explicar suas idéias, recorre ao seguinte exemplo: "Certos viajantes foram roubados em Nápolis e a partir daí infere-se que todos os italianos são ladrões". As condições de legitimidade desta inferência indutiva é falha, entretanto pode prevenir os viajantes (p.130).

Dedução

Consiste em um tipo de raciocínio que transita do geral para o particular, do todo para as partes.

Novamente recorre-se a Peirce, quando este descreve as espécies de raciocínio, definindo **dedução**, como sendo:

> "… o modo de raciocínio que examina o estado das coisas colocado nas premissas, que elabora um diagrama desse estado de coisas, que percebe, nas partes desse diagrama, relações não explicitamente mencionadas, que se assegura, através de elaborações mentais sobre o diagrama, de que essas relações sempre subsistiram, ou pelo menos subsistiram num número de casos, e que conclui pela necessária, ou provável, verdade dessas relações." (Pierce, 1977, p.5) (grifo da pesquisadora).

Brenelli (1996), ao abordar os diversos tipos de raciocínio, recorre a Mora[15] (1974/1982), quando este define dedução, expressando-se nessas palavras,

> "consiste num raciocínio de tipo mediato, é um processo discursivo que passa de uma proposição a outra até que se considere a conclusão do processo, é a derivação do concreto até chegar ao abstrato, é a operação inversa da indução, é um raciocínio equivalente ao silogismo e, portanto, uma operação estritamente distinta da indução" (p.92, grifo da pesquisadora).

Quanto ao silogismo, buscou-se seu significado no dicionário Aurélio[16], o qual define silogismo como um raciocínio formado por três proposições: a primeira, chamada premissa maior, a segunda, premissa menor e a terceira, conclusão. Admitidas as premissas, a conclusão se infere da maior por intermédio da menor. Para esclarecer este significado, apresenta-se o exemplo: Todos os homens são mortais (premissa maior): tu és homem (premissa menor): logo, és mortal. Ressalta-se também que, procurou-se o significado de silogismo em Brugger (1962), o qual explicita que silogismo categórico é o silogismo (raciocínio) que consta só de juízo categórico, ou seja, de juízos que imediatamente enunciam

---

14 Grize, Jean-Blaise (1990) *Mais au fond, qu'est-ce que raisonner?* Archives de Psychologie, Vol. 58, n° 225: 115-122. Genève: Editions Médicine et Hygiène, citado por Brenelli, 1996, p.130.

15 Mora, José Ferrater (1974/1982) *Dicionário de Filosofia*. Lisboa: Publicações Dom Quixote, citado por Brenelli (1996, p.128).

16 Aurélio Buarque de Hollanda Ferreira (1995) *Novo Dicionário Básico da Língua Portuguesa*. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira.

alguma coisa sobre um objeto, e não apenas sobre conexões entre enunciados. Silogismo hipotético é o silogismo (raciocínio), cujas premissas contém pelo menos um juízo hipotético (em sentido lato) (Brugger, 1962, p.483).

Abdução

Charles Peirce, como matemático e físico, interessa-se pela lógica da descoberta científica e pesquisa profundamente os tipos de raciocínios, distinguindo três tipos fundamentais de raciocínio em Ciência: Dedução, Indução e **Retrodução**, sendo que esse último, Peirce chama usualmente de **Abdução**[17] (hipóteses).

Nesse sentido, sobre a distinção entre os três tipos de raciocínios: indutivo, dedutivo e abdutivo, recorremos a um exemplo de Peirce, apresentado por Oldroyd (1986, p.184) e por Sebeok (1983, p.8), descrito por Carrasco (1992), e por Miskulin (1994a), qual seja:

> "Dedução:
> Regra: Todos os feijões deste saco são brancos.
> Caso: Estes feijões são deste saco.
> Resultado: Estes feijões são brancos.
>
> Indução:
> Caso: Estes feijões são deste saco.
> Resultado: Estes feijões são brancos.
> Regra: Todos os feijões deste saco são brancos.
>
> Abdução:
> Regra: Todos os feijões deste saco são brancos.
> Resultado: Estes feijões são brancos.
> Caso: Estes feijões são deste saco."

Ao analisar o exemplo acima citado, observa-se que o último tipo de raciocínio ou inferência constitui-se para Peirce o local em que situa o processo de formulação de hipóteses. Segundo Carrasco (1992), a **Abdução** descreve um tipo de inferência lógica, apesar das regras lógicas serem restritas. Contém, entretanto, em si próprio a possibilidade do risco e abre espaço para "adivinhações" (p.72).

Uma outra fonte sobre este tema pode ser encontrada no trabalho de Sebeok (1983), quando este enfatiza que

> "**Dedução** depende de nossa confiança em nossa habilidade para analisar o significado dos sinais, nos quais ou pelos quais nós pensamos**, indução** depende de nossa confiança que o percurso de um tipo de experiência não vai ser mudada ou cessar sem alguma indicação anterior e **abdução** depende de nossa vontade, mais cedo ou mais tarde, de adivinhar as condições sob as quais um dado tipo de fenômeno se apresentará por si mesmo." (p.2) (grifo da pesquisadora).

Nesse sentido, a abdução parece, portanto, representar o "arriscar", as tentativas e esperanças de solucionar um problema. Resgata-se, nesse processo, toda a subjetividade do

[17] Abdução: ato de abduzir-se. No sentido lógico, abdução significa silogismo, cuja premissa menor é apenas provável. (Dicionário Aurélio). De acordo com o dicionário de Filosofia silogismo categórico é o silogismo (raciocínio) que consta só de juízo categórico, ou seja, de juízos que imediatamente enunciam alguma coisa sobre um objeto, e não apenas sobre conexões entre enunciados. Silogismo hipotético é o silogismo (raciocínio), cujas premissas contém pelo menos um juízo hipotético (em sentido lato) (Brugger, 1962, p.483).

sujeito, seus conhecimentos, valores e crenças. Entretanto, o fato de levantar hipóteses, não constitui em si a certeza e garantia do sucesso das mesmas. Elas devem ser testadas e esse processo envolve procedimentos dedutivos e indutivos, podendo-se chegar à avaliação dessas hipóteses.

Desse modo, Peirce coloca em destaque o processo **abdutivo** inserido no método científico, porém não o separa dos processos de testagem, isto é, "tendo (de algum modo) inventado uma hipótese, suas conseqüências devem ser deduzidas e depois testadas" (Oldroyd, 1986, p.185).

Convém recorrer às próprias palavras de Peirce, as quais ressaltam a importância da **abdução** no método científico, expressas e extraídas do trabalho de Sebeok (1983), quais sejam:

> "... eu proclamo a necessidade de pôr abdução no espaço do processo cognitivo em geral e acima de tudo no processo científico, pois é somente por meio de hipóteses novas e abduções mais ousadas que podemos descobrir novas verdades, (...) e somente por meio de novas hipóteses que podemos ampliar nossa visão do real e descobrir novos campos de experiência." (p.125) (grifo da pesquisadora).

O referido autor, Pierce, ao tratar da validade da inferência abdutiva, postula que

> "… é a única operação lógica que apresenta uma idéia nova, pois a indução nada mais faz além de determinar um valor, e a dedução meramente desenvolve as conseqüências necessárias de uma hipótese pura. A dedução prova que algo deve ser; a indução mostra que alguma coisa é realmente operativa: a Abdução simplesmente sugere que alguma coisa pode ser." (Pierce, 1977, p.220) (grifo da pesquisadora).

Ressalta-se que se concebe o raciocínio **abdutivo**, como um dos mais importantes raciocínios no processo de se "fazer matemática", pois o sujeito ao resolver problemas, lança mão de inferências e hipóteses, testa-as matematicamente, reformulando suas estratégias e procedimentos, com vistas a atingir seus objetivo e finalizar suas tarefas.

Nessa perspectiva, em Miskulin (1994a), questionou-se sobre a natureza do pensamento matemático no processo de resolução de problemas. Qual seria a natureza do raciocínio que se utiliza ao se "fazer matemática"?

Nessa sentido, Poincaré (1988), preconiza:

> "*As verdades matemáticas derivam de um pequeno número de proposições evidentes por uma cadeia de raciocínios impecáveis: elas se impõem não só a nós mas a própria natureza. (...) De cada experiência, uma quantidade de conseqüências poderão ser tiradas por uma série de deduções matemáticas, e é assim que cada uma delas nos fará conhecer um pedacinho do Universo.*" (Poincaré, 1988, p.15) (grifo da pesquisadora).

Relativizando essa idéia, Poincaré nega a consistência das construções vivenciadas nas deduções lógicas, pertencentes a Matemática, contudo, isso não significa que todas elas não mereçam a devida importância. Preconiza a participação efetiva do raciocínio indutivo na natureza do raciocínio matemático, pois seria impossível justificar o perfeito rigor e uma espécie de virtude criadora nela implícita, apenas através das deduções realizadas a partir

das regras da lógica formal. Se assim fosse, a Matemática se reduziria a uma imensa tautologia[18], na qual nada de novo poderia ser acrescido.

Ainda o mesmo autor enfatiza que a virtude criadora pode ser explicitada pelo raciocínio indutivo, o qual é tão importante quanto a indução física, no contexto da construção da ciência, apesar de diferenciar-se desta última em alguns aspectos.

Poincaré, nesta sua obra, também descreve sobre o papel da **hipótese** no trabalho científico. E, dessa forma, postula que tanto o matemático, quanto qualquer outro cientista, lança mão, como forma de averiguação científica, de uma espécie de raciocínio que se origina da hipótese e se encarrega, posteriormente, de submetê-la à verificação.

Com essas perspectivas, nota-se que tanto Peirce quanto Poincaré ressaltam a importância da **hipótese** no processo da descoberta científica. Colocam a hipótese no início desse processo e consideram que a partir dessa pode-se gerar a explicação científica de um fenômeno.

Na obra de Oldroyd (1986) também se encontra a importância da **hipótese** no processo da descoberta científica. Entretanto, um outro ponto que esse autor destaca consiste no fato de que ao explicar a descoberta matemática, os dois filósofos anteriormente citados, Peirce e Poincaré, não esclarecem sobre a origem das hipóteses. Conforme Carrasco (1992), os dois autores poderiam ainda estar restritos à idéia de um "insight" de uma evidência ou até mesmo de uma intuição para justificar o surgimento de hipótese na mente do pesquisador e não acrescentam, na vasta literatura sobre a criatividade, "*qualquer coisa como um relato satisfatório da "lógica da descoberta científica"* (Carrasco, 1992, p.74).

7.6.2.3) A Resolução de Problemas como Atividade de Design

Abordar sobre "Design"[19] nessa pesquisa, exige que se procure o significado dessa palavra na Literatura Portuguesa. Conforme os vários dicionários[20] consultados sobre o assunto, encontrou-se que "Design", como substantivo, pode assumir vários sentidos, tais como: desígnio, plano, esquema, projeto, planejamento, padrão, modelo, propósito, objetivo, desenho, entre outros. "Design", como verbo, pode adotar vários significados, tais como: designar, planejar, idear, projetar, esquematizar, delinear, traçar, objetivar, entre outros.

Dessa forma, nesta pesquisa concebe-se Resolução de Problemas como uma atividade de "Design", no sentido de elaboração e criação de projetos, nos quais o sujeito cria estratégias próprias, reavalia constantemente os objetivos a serem alcançados, transpõe conhecimentos anteriores na composição de suas heurísticas, enfim, recorre a hipóteses e conjecturas sobre a realidade em que está inserido, ou seja, lança mão de raciocínios

---

[18] Conforme o dicionário de Filosofia e Lógica, em logística denomimam-se tautológicas as leis lógicas, isto é, aquelas combinações de enunciados que, com quaisquer variáveis, dão sempre em resultado, em virtude de sua mera forma, o valor de verdade "verdadeiro". (Brugger, 1962, p.510). Tautologia: conforme o dicionário Aurélio, é um vício de linguagem que consiste em dizer sempre a mesma coisa, por formas diferentes.

[19] Ressalta-se que "design" não será traduzido, por não se encontrar nenhum termo na Literatura Portuguesa que retrate com precisão seu significado, no sentido em que se toma, nesta pesquisa.

[20] Diversos dicionários foram pesquisados: Oxford Advanced Learner's Dictionary, Michaellis Dictionary, Webster's Dictionary, entre outros.

abdutivos. Conforme D'Ambrosio (1990), explicitou, "… a abdução, que pode ser conceituada como uma conjectura sobre a realidade e que precisa ser avaliada através de testes, parece ser o componente básico para se trabalhar com uma situação-problema real." (p.30).

Em outras palavras, o sujeito ao interagir, com um projeto delineado por ele e criado em uma situação de investigação e busca, insere-se em um processo de "diálogo" com os elementos significativos do problema, de modo a elaborar estratégias próprias, criar heurísticas, levantar conjecturas, hipóteses e testá-las matematicamente. Em outras palavras, utiliza raciocínios abdutivos, além de outros tipos de raciocínios.

Enfatiza-se que se assume nessa pesquisa, a concepção de resolução de problemas como atividade de "design" nas situações-problema desenvolvidas com os sujeitos pesquisados, nas quais, analisam-se os processos mentais e computacionais inerentes às estratégias criadas pelos sujeitos no ambiente Logo.

Ressalta-se que na literatura sobre o assunto encontra-se sobre "design" nos trabalhos desenvolvidos no Media Laboratory do MIT. Além disso, no Brasil o grupo do NIED desenvolve algumas pesquisas relacionadas com "design".

Assim sendo, Valente assinala que "design" envolve atividades como planejar, delinear, desenhar esboçar, projetar, esquematizar, criar, inventar e executar. Consiste em atividades desempenhadas por profissionais, tais como: arquitetos, engenheiros, economistas e artistas, quando estes objetivam concretizar uma idéia, ou construir algo concreto, como por exemplo, um programa de computador, uma escultura, um trabalho de tese, entre outros. Trata-se pois, de atividades mentais que se desenvolvem quando se resolve problemas do dia-a-dia (Valente, 1993c, p.67).

O referido autor, acima citado, diferencia **resolução de problemas** de "**design"**, elencando alguns fatores diferenciadores. Assim sendo, conforme as suas próprias palavras,

> "A diferença não é nítida, mas existem diversos fatores que contribuem para que sejam classificadas como atividades diferentes. Primeiro, no design o objetivo a ser atingido é mal definido. Não é claro qual a resposta do problema. Mesmo porque, como o objeto em construção depende do meio, não adianta termos idéias perfeitas ou soluções brilhantes, que elas nem sempre podem ser materializadas. Segundo, no design, a definição do problema é parte da solução. Portanto, achar e definir o problema é parte da atividade de design. Terceiro, não havendo, a priori, um problema claramente definido e com objetivos também mal definidos, a solução do design é debatível, passível de discussão. Assim, o objetivo da atividade de design não é obter a solução ótima ou a **solução** mas, a solução que mais satisfaz uma série *de* limitações e interesse individuais. Assim, o que pode ser uma ótima solução para um indivíduo, para um outro a mesma solução não satisfaz. É por essa razão que nem todos compram o mesmo artigo por exemplo, o mesmo tipo de carro." (p.67, grifo da pesquisadora).

Pelas idéias delineadas acima, infere-se que as atividades de "design" não são compatíveis com a abordagem das escolas tradicionais, ou seja, não se adequam aos currículos herméticos, nos quais os alunos "recebem" os conteúdos elencados hierarquicamente, muitas vezes descontextualizados do mundo real, sem significado, como se suas cabeças fossem sistemas armazenadores de idéias e fatos. Nesse sentido, Valente (1993c) postula que

> "… A natureza mal definida das atividades de design atrapalham o desenvolvimento do currículo. Elas suscitam muito questionamento, crítica e debates que acabam tumultuando a aula e fazendo o professor perder tempo. Nesse caso, os problemas fabricados e com uma única solução são mais eficientes: uma vez achada a solução, acabou, deixou de existir o problema." (p.67).

Por outro lado, as atividades de "design" relacionam-se com problemas do dia-a-dia dos alunos, problemas significativos, nos quais os alunos interagem com situações desafiantes, "dialogam" com os elementos do problema, e criam verdadeiras heurísticas. Nesse contexto, o sujeito não segue etapas pré-definidas, reformula constantemente suas estratégias, define e redefine seus procedimentos e reavalia seus objetivos, inserido-se em uma busca e investigações por possíveis e prováveis soluções.

O autor referido acima, explicita-nos que um outro aspecto importante que diferencia resolução de problemas e "design", consiste no processo de depuração. No primeiro caso, como os passos são bem definidos, a depuração se torna mais fácil para o usuário. Entretanto, a atividade de "design", pela falta de uma descrição precisa do problema e dos objetivos a serem alcançados, exige do usuário um outro nível de depuração, ou seja, processos mentais que envolvem estratégias originais, verdadeiras heurísticas. Segundo Valente (1993c), "… a habilidade de depuração no design pode ser vista, também, como uma heurística que pode ser desenvolvida à medida que se faz design." (p.68).

Uma outra diferenciação entre atividade de "design" e resolução de problemas consiste no fato de que as estratégias utilizadas são diferentes em um contexto e outro. Nessa perspectiva, Valente (1993c), esclarece que

> "A resolução de problema usa estratégias do tipo "dividir o problema em partes" ou regras precisas que permitem a obtenção de uma determinada solução como, por exemplo os algoritmos. Assim, dado as mesmas condições iniciais, aplicando o algoritmo, sempre é obtida a mesma solução. Já o design utiliza heurísticas do tipo: tire vantagem do inesperado, use os materiais de maneira diferente, use vários níveis de descrição do problema, trabalhe com o problema interativamente e focaliza a atenção na interação entre sub-partes do problema." (p.67, grifo da pesquisadora).

Nesse sentido, ressalta-se que a nossa concepção de resolução de problema como uma atividade de "design", engloba todas essas características descritas pelo referido autor, acima citado. Além disso, considera também a utilização de raciocínios abdutivos, além dos dedutivos e indutivos.

Nessa mesma linha de raciocínio, Martins (1994) ao abordar o processo composicional como uma atividade de "design", explicita que, na atividade de criação, as pessoas procuram compreender como as coisas são realizadas. Isto significa, conforme suas palavras,

> "… querer saber como as coisas são feitas pode não passar de uma simples curiosidade, que não levaria, necessariamente, à produção de uma obra de arte. Talvez seja a dificuldade em estabelecer essa diferença que faz com que, normalmente, se atribua à atividade composicional um caráter obscuro e misterioso, dificultando o entendimento de como uma obra é elaborada. Muitas das questões giram em torno de como se dá o processo composicional, como o compositor dá início ao seu trabalho, como consegue desenvolvê-lo, se utiliza ou não de um instrumento musical durante o processo composicional, entre outras. Mas o questionamento do artista vem de outro lugar. Talvez suas questões se desencadeiem a partir de um momento em que o mundo deixa de ser visto como algo coerente, para ser focalizado como algo estranho e curioso. O artista deixa de se prender ao óbvio já aceito, sua perspectiva é outra. Algo lá fora, no mundo, tornou-se para ele, uma questão e pede significação. Algo

> emergiu e precisa ser concretizado numa obra. Assim as novas idéias, as idéias criativas podem ser desencadeadas a partir de um fato no mundo, lá fora. Entretanto, o conhecimento de um recurso operacional, como o computador, pode também servir de elemento desencadeador pois, envolvido em operações amplamente diversificadas, o artista pode explorar dados, editar, ampliar detalhes, dividir linhas melódicas e gerar novos significados que não tinha pensado anteriormente." (p.78).

Observa-se nas palavras acima, características que definem uma atividade de "Design". Ainda nesse sentido, Resnick et al. (1991) esclarecem que muitos dos problemas ao nosso redor não se apresentam de maneira estruturada, e, por esse motivo, envolvem um maior componente de "design". No processo de criação, muitas vezes, o sujeito depara-se com situações-problema mal definidas, sem uma estrutura ou objetivos pré-estabelecidos. Dessa forma, encontrar e definir o problema torna-se parte do processo de criação O objetivo em uma atividade de "design" não consiste em encontrar uma solução ótima, mas sim em buscar soluções que satisfaçam um conjunto de restrições e limitações impostas pelo contexto em que se está atuando. Em outras palavras, uma solução ideal para um sujeito, nem sempre se adequa aos objetivos de outros.

Ressalta-se que são essas as concepções assumidas nas situações-problema desenvolvidas pelos sujeitos pesquisados no Estudo de Caso desta pesquisa, isto é, verdadeiras atividades de "design" nas quais, a definição e elaboração dos problemas e seus objetivos são criados, elaborados e construídos pelos próprios sujeitos em interação com o pesquisador, no ambiente Logo, constituindo parte do processo da solução. Portanto, achar e definir o problema é parte da atividade de "design".

Nessa mesma perspectiva, Gargarian (1993), em seu artigo: *The Art of Design*, examina as relações entre "design" e interpretação, "design" e raciocínio em problemas dinâmicos contextualizados. O referido autor visualiza "design" (e aprendizagem) como um processo no qual a pessoa que faz o "design", personaliza seu ambiente de trabalho em torno do contexto em que atua. Apresenta-nos "Textile Designer", um ambiente baseado no computador que preserva as qualidades encontradas em ambientes de "design", que vieram antes do computador. Nessa pesquisa, o autor reflete sobre a natureza da aprendizagem que permite a criação de uma "comunidade de habilidades". "The Discovery Villages", como o referido autor chama esses ambientes de aprendizagem são baseados em "design", e trazem juntamente, a arte e a ciência, a escola e a brincadeira, o trabalho e a vida. (Kafai, 1996, p.5) (tradução da pesquisadora).

7.6.2.4) Resolução de Problemas no Ambiente Logo

No ambiente Logo, com suas especificidades e características próprias, como o sujeito resolve problemas?

De acordo com Miskulin et al. (1996) a atividade de programar em Logo, assim como todas as que envolvem processos criativos de resolução de problemas, fazem transparecer a singularidade das condutas dos sujeitos e provocam adaptações cognitivas individualizadas. Por essas características, tais atividades constituem lugares privilegiados para se observar e descrever as reações do sujeito, formulando e solucionando problemas imprevisíveis. Por esse motivo, demandam atualização de raciocínios, estratégias, estruturas anteriormente construídas e a criação de novos meios para alcançar seus fins.

Ainda nessa perspectiva, o sujeito que se dedica a resolver um problema, transforma uma **ação em conhecimentos**, quando compreende o procedimento aplicado. Por outro lado, a **resolução de um problema** propicia a **transformação do conhecimento em ação**, dado que, ao buscar uma solução ou uma nova interpretação do real, o sujeito aplica uma estrutura atemporal a uma situação particular. A atividade de programar em Logo, assim como todas as que visam a finalizar tarefas, vão desvelando, pouco a pouco ao sujeito os caminhos possíveis que ele pode adotar em uma situação prática de resolução de problemas, ao mesmo tempo que proporciona aos que o observam elementos para melhor compreender o processo cognitivo e/ou incitá-lo.(Miskulin, et al., 1996, p.3).

Nessa mesma perspectiva, Valente (1993a) discorrendo sobre as diferentes maneiras de se utilizar o computador como uma ferramenta educacional, esclarece-nos sobre resolução de problemas através do computador, conforme suas palavras,

> "O objetivo desta modalidade de uso do computador é propiciar um ambiente de aprendizado baseado na resolução de problemas. O aprendizado baseado na resolução de problemas ou na elaboração de projetos não é nova e já tem sido amplamente explorada através dos meios tradicionais de ensino. O computador adiciona uma nova dimensão – o fato de o aprendiz ter que expressar a resolução do problema segundo uma linguagem de programação. Isto possibilita uma série de vantagens. Primeiro, as linguagens de computação são precisas e não ambíguas. Nesse sentido, podem ser vistas como uma linguagem matemática. Portanto, quando o aluno representa a resolução do problema segundo um programa de computador ele tem uma descrição formal, precisa desta resolução. Segundo, este programa pode ser verificado através da sua execução. Com isto o aluno pode verificar suas idéias e conceitos. Se existe algo errado o aluno pode analisar o programa e identificar a origem do erro. Tanto a representação da solução do problema como a sua depuração são muito difíceis de serem conseguidas através dos meios tradicionais de ensino." (p.11, grifo da pesquisadora).

Ressalta-se que as concepções e considerações, acima delineadas, estarão subsidiando a descrição da análise do Estudo de Caso; que será apresentado no próximo capítulo desta pesquisa.

CAPÍTULO 8

ESTUDO DE CASO

> *"A inteligência não reside tanto no que sabemos, ou no que sabemos fazer. Ela está bem mais presente naquilo que somos capazes de inventar ou construir, a fim de nos auxiliar a atingir objetivos demasiados difíceis para as nossas capacidades atuais."* (Ackermann. In: Inhelder e Cellérier, 1996, p.169).

Ressalta-se que, as concepções delineadas, até o presente momento, nesta pesquisa, serão implementadas neste capítulo, através do Estudo de Caso, no qual propõe-se a responder o seguinte problema de investigação, qual seja: **É possível resgatar as possibilidades didático-cognitivas do Logo Tridimensional na exploração pedagógica de conceitos geométricos?**

Assim sendo, o Estudo de Caso realizado nesta pesquisa descreve e analisa microgeneticamente os processos mentais e computacionais de dois sujeitos, cursando a 8ª Série do Ensino Fundamental de uma escolas da rede particular de ensino de Campinas, em situações práticas de resolução de problemas, concebidas como uma atividade de "design".

Dessa forma, o presente estudo traça uma relação dialógica entre a descrição dos processos de resolução de problemas e os componentes funcionais dos processos mentais dos sujeitos pesquisados, diante de situações-problema – "design". Esta descrição será recortada em dois momentos, sendo, em cada um deles, enfatizados os processos mentais e computacionais de cada um dos sujeitos pesquisados. Tais momentos abordam situações-problema encontradas no cotidiano dos sujeitos e descritas, a seguir.

8.1) Design de um Moinho Acionado a Vento

> "A geometria encarrega-se de descrever alguns modelos visuais que enxergamos no mundo ao nosso redor, modelos da forma. Mas, nossos olhos enxergam outros modelos, modelos visuais não tanto da forma si, mas da aparência da forma. Modelos de simetria constituem-se em um exemplo óbvio. A simetria de um floco de neve ou de uma flor está claramente relacionada com a regularidade geométrica óbvia daqueles objetos. O estudo da simetria captura um dos mais profundos, mais abstratos, aspectos da forma." (Devlin, 1997, p.145).

8.1.1) Contextualização do Problema

Sabe-se que é possível, no contexto Logo, com a Geometria da Tartaruga, criar projetos[1] animados. Dessa forma, objetivando introduzir técnicas computacionais de animação aos sujeitos do Estudo de Caso, foram apresentadas duas possibilidades de produzir

[1] No presente Estudo de Caso, projeto será concebido como uma atividade de "design". Sobre "design", ver Capítulo 7, desta pesquisa.

animação, no ambiente Logo. A primeira, na forma de um programa computacional em Logo, executável em tempo real. A segunda, apresentada na forma de video clip a qual, além do ambiente Logo, para a criação dos quadros, necessita ainda de recursos adicionais de um software que processe a montagem seqüencial desses quadros, como em um filme. O software a ser utilizado com esse objetivo será o *AVI Constructor*, já mencionado no Capítulo 4. Ressalta-se que existe diferença entre as duas estratégias na execução da animação. Tal diferença consiste no fato de que, na primeira (animação em tempo real), o programa somente será executável se a plataforma utilizada for o sistema Logo, na versão em que o programa foi gerado; e na segunda (video clip), o usuário necessita apenas de recursos de multimídia que normalmente existem no ambiente Windows95, tornando sua execução mais flexível.

Assim sendo, a pesquisadora juntamente com os dois sujeitos do Estudo de Caso (Sujeito A e Sujeito B), em um processo de diálogos e reflexões, elaboraram alguns projetos que poderiam ser desenvolvidos nessa interação. Um dos projetos escolhidos pelos dois sujeitos do Estudo de Caso, consistiu no **"Design" de um Moinho Acionado a Vento**. A pesquisadora propôs aos sujeitos que investigassem sobre moinhos acionados a vento e que elaborassem projetos representando moinhos, no ambiente Logo Bidimensional e Tridimensional, com as asas coloridas em movimento (girando), utilizando para isto as técnicas de animação já mencionadas.

Afirma-se que o contexto da tartaruga bidimensional será utilizado neste projeto, por tratar-se de um ambiente familiar aos sujeitos, e ainda, como citado acima, com o objetivo de fornecer aos sujeitos do Estudo de Caso processos de produção de animação. Em um segundo momento deste estudo, será desenvolvido, por um dos sujeitos, Sujeito A, um projeto de construção de moinho acionado a vento com o Logo Tridimensional, por tratar-se de um ambiente propício para a exploração, construção e representação de projetos que envolvam conceitos de geometria espacial.

8.1.2) Pesquisa sobre Moinhos Acionados a Vento

Os dois sujeitos pertencentes ao Estudo de Caso iniciaram os seus projetos investigando na Internet dados e fatos sobre moinhos de vento, com o objetivo de delinearem um modelo particular para seus projetos.

Nessa busca e investigação, os sujeitos consideraram relevantes e adequados para os seus projetos alguns dados sobre moinhos de vento encontrados na Internet em diversos "sites". O mais significativo dos "sites" encontrados pelos sujeitos, em março de 1998, foi http://www.geocities.com/Yosemite/1001/windmill.html, o qual, além de conter informações sobre moinhos de vento, apresenta conexões com vários outros "sites" relacionados com o tema. Algumas considerações pesquisadas pelos sujeitos são apresentadas abaixo.

Moinho de vento, como essa máquina é chamada, pertence à categoria dos motores primários, que geram potência ou desempenham um trabalho, utilizando a força do vento. Um moinho de bombear água possui uma roda de palhetas, inclinadas em um mesmo ângulo, montadas sobre um eixo horizontal, do qual a energia mecânica é extraída. A roda de palhetas é mantida com sua face na direção do vento pela pá do moinho e quando o vento bate nas palhetas do moinho, força a roda a girar.

Os primeiros moinhos de vento foram utilizados para irrigação na Pérsia, no Século V, tornando-se popular na Europa no Século XII, tendo sido empregados para bombear água ou para acionar moinhos de pedra para moer milho. Na Holanda, foram usados para drenagem, após a construção de diques, tornando-se e mantendo-se até hoje, como um símbolo cultural dos Países Baixos.

Os antigos moinhos de vento utilizavam longos braços de madeira e tecidos (canvas) esticados, formando as asas que giravam com o vento. Um moinho deste tipo está representado na Figura 8.1.

No final do Século XIX, milhares de moinhos de vento encontravam-se em operação na Europa e na área rural dos Estados Unidos da América do Norte (USA) sendo, a maior parte deles, utilizada para fins de irrigação. Gradualmente, os moinhos de vento foram substituídos, na Europa, por máquinas a vapor (combustível de baixo custo na época), e nos Estados Unidos, pelo programa de eletrificação rural dos anos 30 e 50.

Com o rápido aumento no custo do petróleo, nos anos 70, tornando mais caro o custo da energia gerada por combustão, e com a preocupação voltada para a preservação do meio ambiente, buscam-se, cada vez mais, utilizar formas alternativas de energia, incluindo a energia eólica. Conseqüentemente, ressurgiu o interesse na utilização de máquinas acionadas a vento, de baixo custo operacional e não poluentes.

Atualmente, programas de pesquisas encontram-se em desenvolvimento em alguns países da Europa e nos Estados Unidos, normalmente apoiados por órgãos ou instituições governamentais. Nesse processo de investigação e de aplicação de moinhos de vento (referidos como turbinas eólicas) novas formas de projetos deste tipo de moinhos têm sido apresentadas, com as quais busca-se maximizar os benefícios advindos da utilização de novos conhecimentos e de novos recursos oferecidos pelo desenvolvimento tecnológico. Na Dinamarca, por exemplo, há em operação uma turbina eólica, ilustrada na Figura 8.2, cujas palhetas determinam uma circunferência com diâmetro de 54 metros.

Nos antigos moinhos de vento, o processo de transformação de energia eólica em energia mecânica ocorria de forma direta, limitando a sua utilização nas imediações de sua localização. Esse fato justifica a forma da edificação utilizada na construção de moinhos, a qual alojava a moenda e/ou o sistema mecânico empregado para transmissão da energia mecânica (ilustração da forma de edificação na Figura 8.3). Nas aplicações mais recentes, o moinho de vento tem sido utilizado como acionador primário de uma máquina elétrica, na qual ocorre o processo de transformação de energia mecânica em elétrica. Esta última forma de energia permite uma utilização mais flexível da energia extraída do vento.

Nesse sentido, grande quantidade de turbinas eólicas acopladas a geradores elétricos têm sido instaladas em sítios de turbinas (wind farms), gerando considerável quantidade de energia elétrica. Segundo Kern Wind Energy Association (1998), nas montanhas Tehachapi, na Califórnia (USA), existem cerca de 5.000 turbinas instaladas (ilustração parcial da instalação está apresentada na Figura 8.4). Coletivamente, elas geram energia elétrica suficiente para atender às necessidades residenciais de 500.000 pessoas.

De forma semelhante, nas montanhas de San Bernadino, em Palm Springs, também na Califórnia, há mais de 4.000 turbinas instaladas (ilustração parcial na Figura 8.5), as quais,

coletivamente, geram energia elétrica suficiente para alimentar Palm Springs e o vale de Coachella (Portefield et al., 1997).

A utilização do moinho de vento no Brasil tem se limitado a aplicações de baixa potência na área rural, basicamente em bombeamento de água.

Nas ilustrações apresentadas a seguir, a Figura 8.1 foi reproduzida do "site" http://www.itcnet.ro/sibiu/poze/pozema/html/66m.htm. A Figura 8.2 foi reproduzida de http://www.afm.dfu.dk/wind/turbines/. A Figura 8.3 foi reproduzida do "site" http://www.geocities.com/Yosemite/1001/windmill.htm. A Figura 8.4 foi reproduzida do "site" http://www.presscom.com/windfarms. A Figura 8.5 foi reproduzida do "site" http://www.palmsprings.com/services/wind.html.

Convém enfatizar que, pesquisas, na Internet, como essa desenvolvida pelos sujeitos do presente estudo, devem ser incentivadas pelos professores, tornando parte do cotidiano dos alunos, pois a partir de temas simples, como moinho de vento, o aluno se insere na busca e investigação de conceitos complexos e abstratos em diversas áreas do conhecimento, tais como: Física e Matemática.

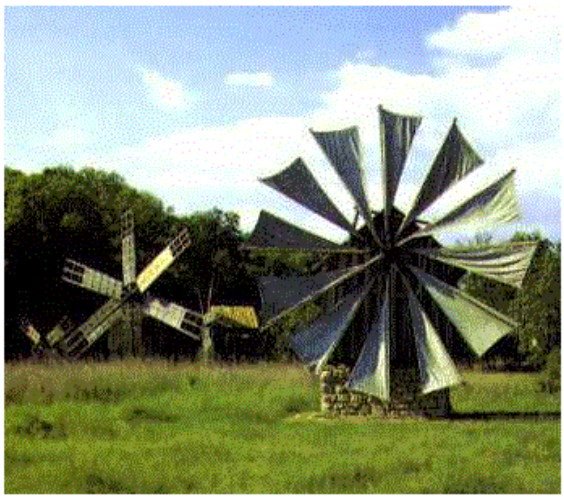


Figura 8.1 – Moinho de vento com asas



Figura 8.2 – Turbina eólica dinamarquesa

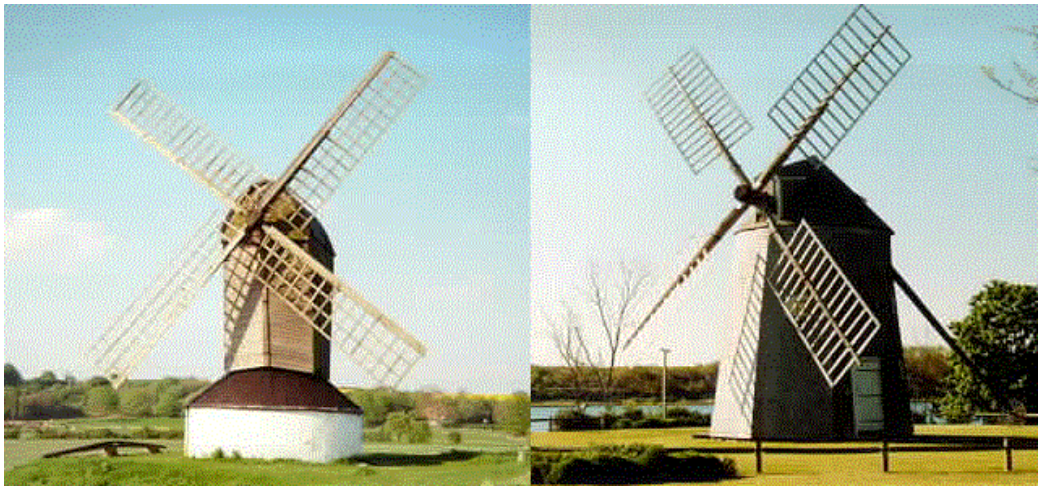


Figura 8.3 – Antigos moinhos de vento ingleses



Figura 8.4 – Sítio de turbinas eólicas em Tehachapi (Califórnia – USA)



Figura 8.5 – Sítio de turbinas eólicas em Palm Springs (Califórnia – USA)

8.1.3) Esboço de um Moinho Acionado a Vento

Neste estudo, a pesquisadora propôs aos sujeitos deste estudo (Sujeito A e Sujeito B) que desenvolvessem com Logo Bidimensional a representação de um moinho acionado a vento, trabalhando em computadores distintos, mas com possível comunicação entre eles.

Assim sendo, com várias considerações e constatações advindas da pesquisa realizada na Internet, os sujeitos começaram a idealizar os seus próprios projetos sobre moinho de vento. Os dois sujeitos elegeram um modelo alternativo e através de esquemas auxiliares, foram delineando no papel a vista frontal[2] (projeção frontal) do moinho, como mostra a ilustração (Figura 8.6).

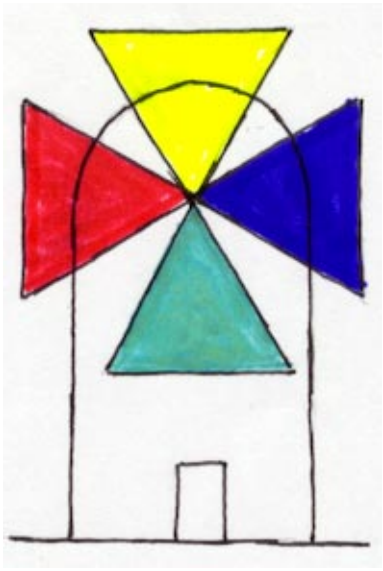


Figura 8.6 – Esboço de um moinho acionado a vento

[2] Vista frontal (ou vista de frente) é a vista que se tem quando se olha de frente para o objeto (Imenes et al., 1997, p.348).

Analisando a vista frontal do moinho projetada pelos sujeitos, infere-se que o moinho real, que serviu de modelo para os sujeitos, possui a parte fixa (corpo do moinho) em forma cilíndrica, com o telhado em forma de uma semi-esfera, e as asas em forma triangular.

A pesquisadora, tendo observado, na figura acima, que a vista frontal da parte fixa do moinho apresenta simetria bilateral, e que as asas apresentam simetria de rotação, considerou apropriado explorar conceitos de simetria, durante o presente Estudo de Caso. Assim sendo, solicitou aos sujeitos que realizassem pesquisas sobre este tema.

Faz-se necessário mencionar que uma construção do moinho, mais aproximada do real será posteriormente explorada com o Logo Tridimensional, pelo Sujeito A, deste Estudo de Caso.

8.1.4) Pesquisa sobre Simetria

Os sujeitos iniciaram buscas e investigações sobre simetria em seus livros de Matemática, encontrando, em Imenes et al. (1997), informações que lhes possibilitaram apresentar o seguinte:

Simetria é uma das propriedades das figuras geométricas. Distinguem-se a simetria axial e a simetria central. Além desses tipos de simetria há também a simetria de rotação.

Simetria axial: Em uma figura geométrica, o **eixo de simetria** divide a figura em duas partes, que podem ser superpostas. A figura geométrica que possui eixo de simetria apresenta simetria axial, como ilustrado abaixo.

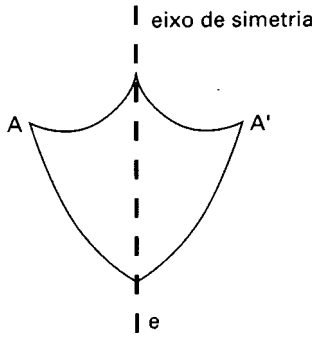


Figura 8.7 – Ilustração de simetria axial
Fonte – Imenes et al., 1997, p.327

Simetria central: Em uma figura geométrica, o **centro de simetria** é o ponto médio do segmento que une dois pontos simétricos, como os pontos A e A', B e B', na Figura 8.8. A figura geométrica que possui centro de simetria apresenta simetria central, como ilustrado na figura abaixo. O ponto **C** é o centro de simetria.

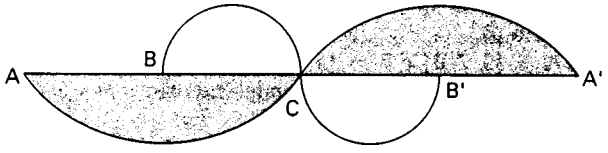


Figura 8.8 – Ilustração de simetria central
Fonte – Imenes et al., 1997, p.323

Simetria de rotação ou **simetria rotacional**: Quando uma figura geométrica gira um certo número de graus e apresenta a mesma situação da posição inicial, diz-se que a figura possui simetria de rotação. O pentágono apresenta simetria rotacional de 72º, como pode ser visto na Figura 8.9.

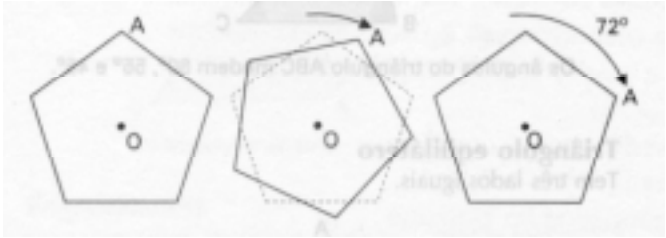


Figura 8.9 – Ilustração de simetria rotacional
Fonte – Imenes et al., 1997, p.345

Há muitos exemplos de simetrias rotacionais à nossa volta. Algumas simetrias são produto da natureza, outras são construídas pelos seres humanos. A simetria rotacional também aparece em trabalhos artísticos, como no desenho de "arte óptica", mostrado a seguir, com simetria de rotação de 90º.

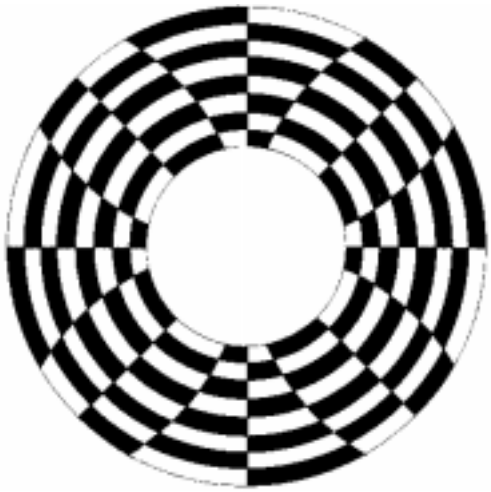


Figura 8.10 – "Árte óptica" criando ilusão de movimento
Fonte – Imenes et al., 1997, p.256

Observa-se que a Figura 8.8, utilizada para ilustrar a simetria central, apresenta simetria rotacional de 180 º. A Figura 8.7, utilizada para ilustrar a simetria axial, também está relacionada com giro. A metade da direita pode ser obtida girando a metade da esquerda 180 º no espaço, em torno do eixo **e**.

Duas **figuras geométricas** que admitem um eixo de simetria, ou um centro de simetria, são **simétricas**.

Na Matemática, os polígonos regulares apresentam simetria rotacional, sendo de 90º no quadrado, de 72º no pentágono, de 60º no hexágono, e assim por diante. Dessa forma, estudando uma parte do polígono, pode-se saber quase tudo sobre ele.

Para um maior aprofudamento nesse tema, sugere-se o trabalho de Weyl (1997). Em sua obra, Weyl apresenta um retrospecto histórico da palavra **simetria**:

> "Se eu não estiver enganado a palavra simetria é utilizada na linguagem coloquial com dois significados. Em um sentido, simétrico indica algo bem proporcionado ou bem balanceado, e simetria denota aquele tipo de concordância em que várias partes de algo se integram em uma unidade. A beleza é envolta pela simetria. Foi com esse sentido que Policleto, autor de um livro sobre proporções e admirado na Antigüidade pela harmoniosa perfeição de suas esculturas utilizou a palavra "simetria" (…) O segundo sentido, com o qual a palavra simetria é conhecida em nossos tempos, pode ser associado naturalmente à imagem de uma balança: *simetria bilateral*. É a simetria da esquerda e da direita, especialmente notável na estrutura do ser humano e dos animais superiores (…) Além de poder ser encontrada na natureza orgânica e inorgânica, é utilizada nas artes e nas construções." (p.15-16).

Ainda para o referido autor, "O sentido da simetria é a idéia pela qual o homem tem tentado compreender e criar a ordem, a beleza e a perfeição através dos tempos" (Weyl, 1997, p.17).

Na mesma linha acima, Gleider (1998) afirma que

> "Simetria é o ponto de encontro entre beleza e ordem. Existe algo profundamente satisfatório na apreciação de uma forma simétrica, seja ela a arquitetura de um templo grego, de uma pirâmide egípcia ou de uma catedral gótica. Ou as asas de uma borboleta, a concha de um molusco, um arco-íris. Essa apreciação universal pelo simétrico como manifestação do belo vai além de sua expressão artística através dos tempos. Simetria é também uma das grandes fontes de inspiração da criatividade científica."

Quando se estudam simetria bilateral e proporções humanas, é comum encontrar-se na literatura citações ao estudo de Leonardo da Vinci. Apresenta-se, na Figura 8.11, uma reprodução de sua obra sobre proporções e pontos da anatomia, na qual observa-se simetria bilateral em algumas partes.

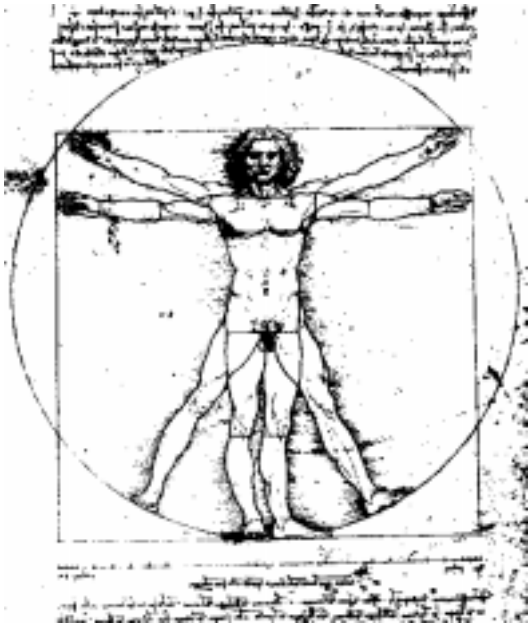


Figura 8.11 – Proporções humanas e pontos de anatomia
Fonte – Hayes, 1980, p.13

8.1.5) Construção da Representação Estática do Moinho

No processo de construção da representação estática do moinho, os sujeitos analisaram a esquematização delineada e estabeleceram como estratégia separar a construção em duas partes. Iniciaram pela construção da parte fixa, a qual chamaram de corpo e telhado do moinho para, em seguida, construírem a parte móvel, isto é, as asas do moinho, as quais foram referidas pelos sujeitos como as pás do moinho.

Apesar de o termo pá significar a parte do moinho responsável pelo posicionamento da roda de palhetas com sua face na direção do vento, a pesquisadora respeitou a escolha dos sujeitos de chamar a parte móvel do moinho de pá.

8.1.5.1) Construção da Parte Fixa do Moinho

8.1.5.1.1) Primeiro Obstáculo Cognitivo

Na construção do corpo do moinho no ambiente Logo, os sujeitos começaram representando a base, que incluía a porta, a partir de pontos de referência distintos. O Sujeito A, fez com que o centro da área de trabalho estivesse sobre a base, no ponto médio da soleira da porta. O sujeito B fez o centro da área de trabalho coincidir com a extremidade esquerda da base. Após essa estratégia, os sujeitos, sempre tendo em vista seus objetivos, partiram em seguida para a construção da lateral direita do corpo e, posteriormente, para a construção do telhado em forma de um arco de circunferência de 180^{o}[3]. Ao construírem a lateral esquerda em continuação ao arco (paralela à lateral direita e de mesma altura), os sujeitos constataram que na figura resultante, a lateral esquerda não se posicionava de maneira correta, segundo as leis de simetria, isto é, não coincidia **com a extremidade esquerda da base**. Os procedimentos computacionais **moinho.a** e **moinho.b** utilizados nas construções do corpo e do telhado do moinho, segundo a ótica de cada um dos sujeitos, estão apresentados como procedimentos P8.1 no Anexo II, desta pesquisa. A seguir, estão reproduzidos os resultados obtidos pelos sujeitos.

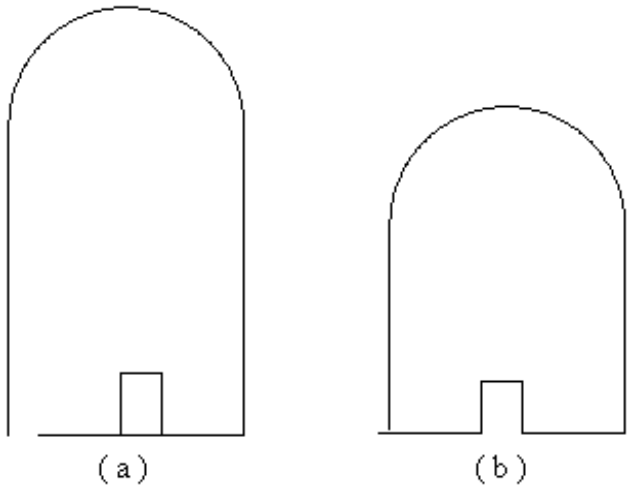


Figura 8.12 – Primeira representação da parte fixa do moinho
(a) Sujeito A
(b) Sujeito B

[3] Do ponto de vista geométrico, **circunferência** é uma curva plana e fechada cujos pontos são equidistantes de um ponto interior chamado centro. **Arco** é qualquer porção de uma linha curva e contínua. **Arco de circunferência de 180^{o}** é, pois, metade de uma circunferência.

Durante o desenvolvimento deste projeto, surgiu para os dois sujeitos o **primeiro problema**, ao qual se chamou de obstáculo cognitivo, qual seja, **o comprimento do diâmetro da semicircunferência**[4] **que representa o telhado não coincide com a largura estabelecida para o corpo do moinho**, representação essa da forma real do moinho. Convém observar que o diâmetro da semicircunferência não se encontra representado na figura acima por não ser parte integrante da solução do problema.

Ressalta-se que na Figura 8.12, percebe-se o primeiro obstáculo cognitivo pela imprecisão do segmento horizontal – base do moinho.

Assim sendo, como os procedimentos em Logo, utilizados na construção da base e das laterais do corpo do moinho, são procedimentos simples em termos de domínio e de execução do programa, os sujeitos refletiram e identificaram que a causa do problema estava no processo de construção do telhado.

Objetivando propiciar aos sujeitos a realização de uma análise e reflexão sobre os procedimentos utilizados na representação do telhado, e envolvê-los na busca de soluções para o problema surgido nesta interação, a pesquisadora solicitou que eles explicitassem as estratégias utilizadas.

Assim sendo, os sujeitos apresentaram os seguintes procedimentos usados para construir o telhado, partes integrantes dos programas **moinho.a** e **moinho.b**.

Sujeito A: repita 180 [pe 1 pf 1]

Sujeito B: repita 180 [pf 1 pe 1]

8.1.5.1.2) Relações Matemáticas Associadas à Forma Geométrica do Telhado

Nos procedimentos acima destacados, dois fatos chamaram a atenção da pesquisadora, quais sejam, o fato de ambos terem utilizados os mesmos valores como argumentos dos comandos de deslocamento (**pf**) e de mudança de direção (**pe**), e o fato do Sujeito A ter colocado, dentro do **repita**, o comando de mudança de direção da tartaruga antes do comando de deslocamento.

Tendo em vista a exploração do problema, a pesquisadora, indagou aos sujeitos o motivo da utilização de valores unitários em seus procedimentos. Prontamente, eles responderam que foi assim que haviam aprendido nas aulas de Logo na escola.

Em seguida, a pesquisadora questionou se os sujeitos sabiam relacionar o comprimento de uma circunferência com o seu raio, e transpor esse resultado para uma semicircunferência. Assim sendo, eles recorreram à relação matemática entre o comprimento da semicircunferência (c) com o raio (r), e a apresentaram como:

---

[4] Na presente pesquisa, utiliza-se a expressão **diâmetro da semicircunferência** como sendo o segmento de reta que coincide com o diâmetro da circunferência que a gerou. Do ponto de vista formal deveríamos nos referir a **corda do arco de circunferência de 180º**. Do ponto de vista geométrico **corda** é um segmento de reta que une dois pontos da circunferência ou de outras curvas, **diâmetro** é um segmento de reta que une dois pontos de uma circunferência e que passa pelo centro, e **semicircunferência** é cada uma das duas partes da circunferência em que esta fica dividida pelos extremos de um diâmetro.

$$c = \pi r$$

Nesse momento, a pesquisadora levantou a questão sobre a existência de uma relação matemática entre a expressão acima e o tamanho do passo da tartaruga, em cada repetição do comando **repita**, utilizado nas construções dos telhados. Para responderem a este questionamento, os sujeitos analisaram os procedimentos por eles utilizados e concluíram que a tartaruga percorreria esse comprimento em 180 deslocamentos. Chamando de **v** o valor que a tartaruga avança em cada deslocamento, disseram que 180 vezes **v** seria igual ao comprimento da semicircunferência. A afirmação, matematicamente se traduz por:

$$180\ v = \pi r$$

Para estabelecer as relações acima apresentadas, cada sujeito refletiu, realizou cálculos matemáticos, e partiu para a utilização de diferentes estratégias, reestruturando os procedimentos anteriormente utilizados.

8.1.5.1.3) Procedimentos para a Solução do Primeiro Obstáculo Cognitivo

Os sujeitos, refletindo e depurando seus programas computacionais, e discutindo com a pesquisadora sobre que elementos deveriam ser levados em conta no projeto do corpo do moinho, como projetado na Figura 8.6, para que este projeto obedecesse às leis de simetria bilateral de uma figura, chegaram à conclusão de que o comprimento da base (largura do corpo do moinho) deveria ser igual à medida do diâmetro da semicircunferência, mantendo-se assim, o paralelismo entre os lados do corpo do moinho, quando a figura se fechasse.

Dessa forma, buscando resolver o problema – **o comprimento do diâmetro da semicircunferência que representa o telhado não coincide com a largura estabelecida para o corpo do moinho** – como esperado em termos de simetria da figura que representa o moinho, o Sujeito A calculou qual deveria ser o valor **v** de cada deslocamento a ser percorrido pela tartaruga, para que o comprimento do diâmetro **d** da semicircunferência (no qual $d = 2\ r$) viesse a coincidir com a largura desejada do corpo do moinho, definida por ele em 100 passos da tartaruga, mantendo dessa forma, o projeto preestabelecido. Assim sendo,

$$v = (50\ \pi) / 180 = 0{,}872$$

Utilizando o resultado acima, o Sujeito A apresentou um novo procedimento computacional para a construção do telhado do moinho, no qual alterou o valor unitário, utilizado como argumento do comando **pf**, para o valor **0.872**[5]. Com essa alteração, o sujeito definiu **um novo tamanho do passo da tartaruga**, durante as repetições dos deslocamentos, dentro do **repita**, em seu programa **moinho.a**. Em outras palavras, o sujeito relacionou o **tamanho do passo da tartaruga** com o **diâmetro pré-estabelecido** da semicircunferência (largura do corpo do moinho). Tal estratégia mostra as potencialidades didático-cognitivas do ambiente Logo, na exploração de conceitos geométricos, pois está sempre sugerindo reavaliações e reajustes de estratégias, reestruturação de programas, propiciando dessa maneira, uma verdadeira compreensão, pelo sujeito, dos conceitos matemáticos envolvidos.

[5] Convém lembrar que o *SlogoW*, versão traduzida para o português do *MSWLogo*, utiliza o sistema de língua inglesa para notação numérica decimal, no qual o ponto assume a função da vírgula.

Com o objetivo similar de resolver o referido problema, o Sujeito B, manteve o valor unitário do passo da tartaruga, durante as repetições dos deslocamentos, dentro do **repita**, e calculou o tamanho do diâmetro da semicircunferência construída, **alterando a largura do corpo do moinho**, fazendo-a coincidir com o valor calculado para o **diâmetro**. Tendo fixado o valor unitário para cada deslocamento da tartaruga dentro do comando **repita 180**, ou seja v = 1, o comprimento da semicircunferência passa a ser igual ao número de deslocamentos, ou seja c = 180. Assim, o tamanho do diâmetro **d**, o qual coincide com o comprimento da base (largura do corpo), é definido por:

$$d = 2\,r = 2\,c\,/\,\pi = 360\,/\,\pi = 114{,}65$$

Nessa nova estratégia de construção da base do moinho, o Sujeito B, no procedimento computacional que constrói a base do corpo do moinho (**moinho.b**), introduziu um ajuste no comando que define a largura da porta, o qual passou de **pf 20** para **pf 14.65**, diminuindo, dessa forma, o comprimento da base do corpo do moinho em 5,35 passos da tartaruga (Figura 8.12 (b), já apresentada, e Figura 8.13 (b), que se apresenta a seguir).

Apresenta-se, em seguida, os comandos pertencentes ao programa **moinho.b**, antes e depois da alteração realizada pelo sujeito, os quais constroem a base do moinho.

Antes	Depois
pf 50	pf 50
pe 90	pe 90
pf 25	pf 25
pd 90	pd 90
pf 20	pf 14.65
pd 90	pd 90
pf 25	pf 25
pe 90	pe 90
pf 50	pf 50

Com a implementação das estratégias acima elaboradas, os dois sujeitos solucionaram o problema surgido, isto é, fizeram com que as laterais esquerdas dos corpos dos moinhos coincidissem com as extremidades esquerdas das bases. Os resultados obtidos pelos sujeitos, estão representados na Figura 8.13 a seguir.

Constata-se que a estratégia apresentada pelo Sujeito A, na construção do telhado, aparentemente, viabilizou a manutenção das características de seu projeto inicial, quando manteve a largura do corpo do moinho, modificando o passo da tartaruga. Esse procedimento é esperado em uma situação da vida real, na construção de uma edificação, e além disso, tal procedimento demonstra que o sujeito levou em conta os conceitos de simetria bilateral de uma figura. Por sua vez, o Sujeito B optando por alterar as características de seu projeto inicial, faz a largura do corpo do moinho coincidir com o comprimento do diâmetro da semicircunferência que representa o telhado. Tal estratégia não é adequada em uma situação prática do dia-a-dia, pois, não é comum alterar-se a largura (diminuir) de uma edificação em função das dimensões do telhado.

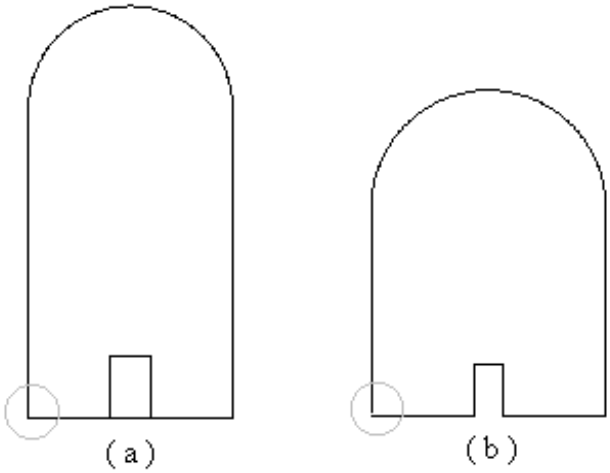


Figura 8.13 – Segunda representação da parte fixa do moinho
(a) Sujeito A
(b) Sujeito B

Convém notar que, como a solução apresentada pelo Sujeito B não se adaptaria à uma solução real de uma edificação, a pesquisadora lançou mão do conceito de **sintonicidade corporal**, com o objetivo de envolver o sujeito em uma representação real do problema. Em outras palavras, o sujeito, ao sintonizar-se com os movimentos da tartaruga na construção das laterais do moinho, percebeu que a tartaruga deveria simular os movimentos que faria em uma situação real e, assim sendo, não poderia simplesmente **diminuir a largura** total entre as paredes de uma construção, por causa do telhado, sem alterar as dimensões da base.

Nesse contexto, o ambiente Logo possibilita a criação de micromundos favoráveis para se resolverem problemas, relacionando os seus elementos, de forma a respeitar as características originais de problemas encontrados ao nosso redor. Esse processo constitui-se em uma atividade de "design", pois trata-se de uma nova concepção sobre resolução de problema, como já explicitado no Capítulo 7, desta pesquisa.

Torna-se importante e necessário, neste momento, elucidar o conceito de sintonicidade corporal, inerente ao ambiente Logo. De acordo com Miskulin (1994a), uma das idéias que servem como ponto de partida para a realização de projetos com a tartaruga, refere-se ao uso do corpo – sintonicidade corporal – para refletir os movimentos da Tartaruga na descrição e representação de um objeto real. Essa idéia torna o processo mais significativo e educativo, uma vez que, para se elaborar um projeto de um objeto, pensa-se e reflete-se sobre os movimentos da tartaruga no espaço, apoiados no conhecimento corporal.

Nesse sentido, ao se deslocar em sintonia com a tartaruga, toma-se conhecimento dos próprios deslocamentos realizados. Assim, para a realização da representação de um objeto, não é necessário o **conhecimento prévio** das leis matemáticas que o explicitam, mas somente dos movimentos que devem ser feito para descrevê-lo. Esse aspecto é um dos pontos iniciais para o desenvolvimento de conexões com a Geometria formal (Miskulin, 1994a, p.174).

8.1.5.1.4) Segundo Obstáculo Cognitivo

8.1.5.1.4.1) Identificação do Obstáculo pelo Sujeito B

Nesse momento, **novo problema** surgiu para o Sujeito B. **Apesar da lateral esquerda do corpo do moinho estar alinhada com a extremidade esquerda da base, o**

número de passos percorridos pela tartaruga, durante sua construção, foi insuficiente para que a figura obtida se fechasse, como pode ser observado na Figura 8.13 (b). Na Figura 8.13 (b), percebe-se o **segundo obstáculo cognitivo**, pela imprecisão do segmento vertical – lateral esquerda do moinho. Objetivando ressaltar esse fato, mostra-se abaixo, com o auxílio de ampliação (**zoom**), recurso presente no *SLogoW*, o referido canto, com os resultados obtidos por ambos os sujeitos.

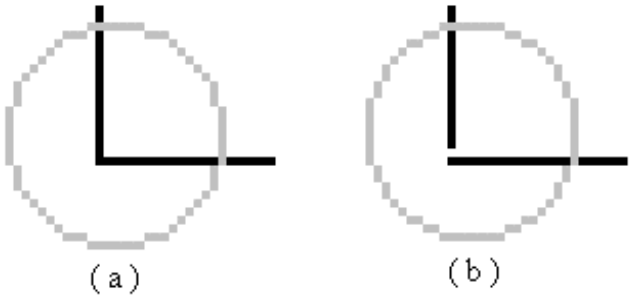


Figura 8.14 – Ampliação do canto esquerdo da segunda representação da parte fixa do moinho
(a) Sujeito A
(b) Sujeito B

Em cada um dos projetos, as laterais esquerda foram construídas com alturas iguais às das laterais direita, procedimento anteriormente comentado como adequado à uma situação real e à simetria. Considerando as estratégias criadas pelos sujeitos, nas quais as igualdades das laterais foram mantidas (o Sujeito A construiu as laterais com 150 passos e o Sujeito B com 100 passos), o Sujeito B concluiu que a origem do novo problema em seu projeto estava novamente relacionada com a construção do telhado.

Nesse momento da interação, a pesquisadora, objetivando propor ao sujeito possíveis soluções para o problema surgido – não fechamento do corpo da parte fixa do moinho –, questionou ao Sujeito B: "Qual seria a solução possível para resolver o problema do **não fechamento da parte fixa do moinho**?" Refletindo e analisando o seu procedimento, o Sujeito B sugeriu que a lateral esquerda fosse prolongada por tentativa e exploração até encontrar a base.

Essa estratégia levaria o sujeito a construir o corpo do moinho tendo a altura da lateral esquerda maior que a altura da lateral direita. Nesse momento, a pesquisadora lançou mão do esquema delineado pelos sujeitos (Figura 8.6) e juntos concluíram que essa solução não coincidiria com o esperado, e nem tampouco com a situação prática na qual em uma construção real com características idênticas, as laterais são construídas com alturas iguais .

Observa-se, em situações reais, que casas são geralmente construídas com forro horizontal. As paredes que irão receber o forro "são erguidas" até apresentarem alturas idênticas. A existência dessa propriedade construtiva é garantida na prática através da verificação do "nivelamento das paredes", com a utilização de uma mangueira de jardim transparente cheia de água. De acordo com a teoria apresentada em hidrostática (parte da Física que estuda os fluidos em repouso), a água atinge o mesmo nível em ambas as extremidades da mangueira, permitindo então que se estabeleça o nivelamento. Sobre o forro é construído o madeiramento que irá suportar o telhado. Nessa interação, essas questões foram discutidas pela pesquisadora e pelos sujeitos. Sugeriu-se que os sujeitos observassem,

em construções reais, processos de nivelamento. Apresenta-se abaixo uma ilustração de verificação de nivelamento em uma construção real, obtida pelos sujeitos.



Figura 8.15 – Verificação de nivelamento em uma construção real

8.1.5.1.4.2) Identificação do Segundo Obstáculo Cognitivo pelo Sujeito A

Uma vez que na construção realizada pelo Sujeito A não ocorreu o problema de não fechamento da parte fixa do moinho, a pesquisadora perguntou a razão da utilização do comando de mudança de direção (**pe**) antes do comando de deslocamento (**pf**), na composição do comando **repita**. O Sujeito A justificou sua estratégia dizendo:

"Executando o comando de mudança de direção primeiro, a tartaruga começa a desenhar o telhado "curvo"."

É importante notar que esse raciocínio é verdadeiro, pois a estratégia criada pelo sujeito, inerente à composição do programa **moinho.a**, mostra que a tartaruga se encontrava orientada para cima no início do processo de construção do telhado. Além disso, no comando **repita** a direção da tartaruga foi mudada em 180^o, antes que o último deslocamento fosse executado. Dessa forma, o telhado terminou "reto".

Enfatiza-se que a estratégia criada pelo Sujeito B demonstra efeito inverso ao ocorrido com o Sujeito A, visto que a tartaruga realizou seu primeiro deslocamento direcionada para cima, como se fosse um prolongamento da lateral direita (começou a desenhar o telhado "reto"), deslocando-se em seguida um grau à esquerda, antes de proceder o segundo deslocamento. Dessa forma, ao executar pela última vez o comando de deslocamento contido em **repita 180**, totalizou um giro de 179^o, assim sendo o telhado terminou "curvo". Em seguida, a tartaruga deslocou um grau à esquerda, passando a apontar para baixo (orientação oposta à que se encontrava no início da construção do telhado).

Verifica-se que o Sujeito A apresentou uma estratégia que constrói o corpo do moinho e o resultado é representado por uma poligonal fechada, como a reproduzida na Figura 8.13 (a), o que pode levar à conclusão de tarefa cumprida. Entretanto, como explorado

acima, uma análise dos procedimentos utilizados nas construções das Figuras 8.13 (a) e (b) mostra que, nas soluções dos dois sujeitos, os diâmetros das semicircunferências, que representam os telhados (diâmetros não representados nas figuras), **não estão paralelos às bases dos corpos dos moinhos**. Portanto, do ponto de vista matemático, a estratégia apresenta-se incorreta.

Buscando realizar uma investigação mais profunda, a pesquisadora solicitou ao Sujeito A que, utilizando a mesma estratégia empregada na construção do telhado, construísse outro com a mesma forma do primeiro, porém maior, e que, para efeito de referência, acrescentasse à figura uma reta horizontal que contivesse a extremidade direita do telhado.

Dessa forma, o Sujeito A recorreu ao procedimento anteriormente elaborado e, adaptando-o para a presente situação, apresentou o procedimento abaixo, com resultado reproduzido a seguir.

```
pd 90 pf 230 pe 90
repita 180 [pe 1 pf 2]
```

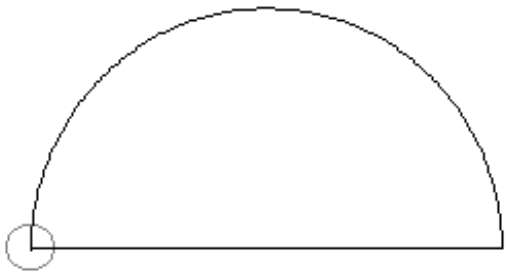


Figura 8.16 – Semicircunferência construída pelo Sujeito A

O sujeito, ao analisar a representação da Figura 8.16, atenta para um fato novo ocorrido no canto esquerdo da figura. Por tratar-se de um detalhe inesperado e de pequena proporção, recorreu-se a uma ampliação do referido canto, com o objetivo de ilustrar ao leitor o conflito surgido nessa interação.

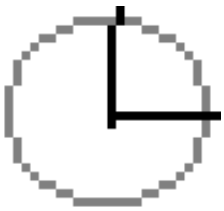


Figura 8.17 – Ampliação do canto esquerdo da semicircunferência construída pelo Sujeito A

Observando a figura acima, verifica-se a inadequação da estratégia utilizada pelo sujeito em sua construção, na qual a extremidade esquerda do semicírculo apresenta-se abaixo da reta horizontal de referência. Ressalta-se que essa inadequação está presente na construção anterior do telhado, e devido a uma limitação do monitor não foi possível a sua identificação durante as análises das Figuras 8.13 (a) e 8.14 (a).

8.1.5.1.4.3) Reflexões sobre o Segundo Obstáculo Cognitivo

Nessa interação, como ressaltado anteriormente, os dois sujeitos deste estudo apresentaram problemas na representação de seus projetos. A pesquisadora, juntamente com os sujeitos analisaram as estratégias acima delineadas, e dialogando e discutindo sobre conceitos de simetria de uma figura, concluíram que nos projetos dos moinhos não havia simetria bilateral, ou seja, simetria em relação a um eixo vertical passando pelos seus centros, como no projeto originalmente delineado (Figura 8.6). Tal problema relaciona-se com o fato de que os segmentos que unem as extremidades das semicircunferências (diâmetros não representados nas figuras) não se apresentarem paralelos às bases dos moinhos.

Portanto, as estratégias utilizadas para as construções dos telhados não estão corretas do ponto de vista matemático, e assim sendo, as representações obtidas nos dois projetos não expressam a verdadeira construção do moinho.

Constata-se que os procedimentos computacionais que geraram os projetos dos dois sujeitos, definem as suas naturezas e não as formas dos projetos em si. Esse fato ocorre pois, os procedimentos computacionais possuem a geometria intrínseca, recurso importante aos professores que trabalham no ambiente Logo, pois este está sempre sugerindo novas formas de saber, novas formas de interpretar a matemática subjacente à combinação dos comandos utilizados pelos sujeitos.

Faz-se necessário mencionar nesse momento, que as estratégias utilizadas foram consideradas inadequadas para o problema específico da representação do telhado, exigindo dos sujeitos coordenações e relações entre o corpo e o telhado do moinho. Do ponto de vista matemático, tais estratégias estariam corretas para **representar** (e não construir) semicircunferências isoladas (ou arcos de circunferências de 180^o), ou quando o posicionamento dessas poligonais na tela não for relevante.

Convém enfatizar que, em algumas escolas no Brasil e nos USA, vários aspectos interferem na não utilização do Logo pelos professores. Um dos aspectos principais dessa não utilização constitui-se no desafio que se faz presente no ambiente Logo para os alunos, e para os professores que devem estar devidamente preparados para poderem intervir e interagir no processo de construção dos conceitos trabalhados. Ressalta-se que discussões sobre essa temática foram abordadas, no decorrer desta pesquisa.

8.1.5.1.5) Construção do Telhado Simétrico – Uma Nova Estratégia

8.1.5.1.5.1) Problema Intermediário

Nesse momento da interação, a pesquisadora, com o objetivo de envolver os sujeitos na busca de estratégias e soluções adequadas que possibilitem a construção do telhado do moinho, representado por uma semicircunferência, com diâmetros paralelos a uma reta horizontal de referência, sugeriu um problema intermediário, qual seja; **Decomposição de um polígono regular com número par de lados**[6]**, em duas poligonais abertas na horizontal, tal que as poligonais resultantes sejam simétricas entre si, e que haja simetria em relação a um eixo vertical passando pelo centro de cada uma delas**.

[6] Ressalta-se que nesta pesquisa será considerada a representação de circunferências por polígonos regulares com **números pares de lados**, pois busca-se neste projeto abordar conceitos de simetria bilateral.

No processo de resolução desse problema intermediário, os sujeitos levantaram a conjetura de que a existência de soluções dependeria da disposição do polígono na tela. Na composição de suas estratégias, utilizaram o quadrado, por ser o polígono regular com menor número de lados.

Após reflexões e discussões a respeito, concluíram que existem somente duas possíveis disposições do quadrado na tela que permitem solucionar o problema proposto. A primeira, trata-se daquela em que o quadrado apresenta dois de seus lados paralelos a uma reta horizontal. A solução, nesse caso, consiste em secionar o quadrado de forma tal que a reta de seção passe pelos pontos médios dos lados verticais, como representado na Figura 8.18 (a). A segunda, trata-se daquela em que dois dos vértices opostos do quadrado estejam sobre uma reta horizontal. Nesse caso, a reta horizontal coincide com a linha de seção, como representado na Figura 8.18 (b).

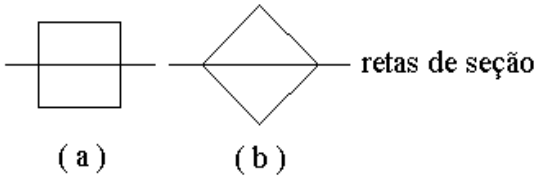


Figura 8.18 – Duas possíveis disposições do quadrado
que permitem solução para o problema

As soluções referentes à decomposição estão representadas na Figura 8.19.

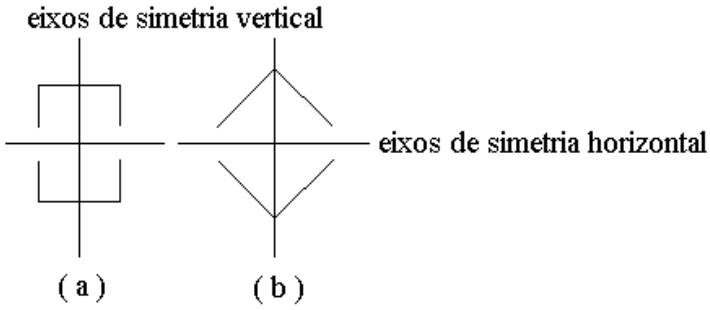


Figura 8.19 – Soluções do problema

Considerando que o quadrado possui lados com comprimentos iguais a 50 passos da tartaruga, os sujeitos apresentaram os procedimentos em Logo descritos a seguir, os quais constroem a **poligonal aberta superior, representada na Figura 8.19 (a)** acima.

```
ap poligonal.a
pf 25 pd 90
pf 50 pd 90
pf 25
fim
```

Nesse procedimento, a tartaruga desenha a lateral esquerda da poligonal, gira 90^o a direita, desenha o lado superior, gira novamente 90^o a direita e completa a poligonal, desenhando a lateral direita. Uma análise dos procedimentos acima, mostra os seguintes aspectos abaixo delineados:

- Ao iniciar a execução do procedimento acima a tartaruga estava direcionada para cima (estado inicial);

- Executa duas vezes o mesmo comando de giro cujo valor do ângulo é o mesmo do ângulo externo[7] do quadrado (90^o);

- Percorre segmentos com diferentes comprimentos, sendo o primeiro e o último iguais à metade do comprimento dos lados do quadrado (25) e o segmento intermediário com comprimento igual ao dos lados do quadrado (50);

- Ao finalizar o processo de construção da poligonal, segundo o procedimento acima, a tartaruga completa um giro de 180^o em relação a seu estado inicial, o que significa que ela se direciona para baixo (direção oposta àquela assumida no estado inicial).

Apresentam-se nesse momento, os procedimentos que constroem a **poligonal aberta superior, representada na Figura 8.19 (b)**.

```
ap poligonal
pd 45
pf 50
pd 90
pf 50
fim
```

Nos procedimentos apresentados, a tartaruga gira 45^o à direita, desenha o segmento esquerdo da poligonal, gira 90^o à direita e completa a poligonal, desenhando o segmento direito. Uma análise detalhada desses procedimentos mostra que

- Ao iniciar a execução dos procedimentos acima, a tartaruga direcionava-se para cima (estado inicial);

- Como primeiro procedimento, a tartaruga gira à direita um ângulo igual à metade do ângulo externo do quadrado (45^o), sendo que, no giro seguinte, o ângulo é igual ao ângulo externo (90^o);

- Executa duas vezes o mesmo comando de deslocamento, percorrendo distâncias iguais ao comprimento do lado do quadrado (50);

- Ao finalizar o procedimento acima, a tartaruga completa um giro de 135^o em relação a seu estado inicial, o que significa que ela se direciona segundo um ângulo de -45^o com o eixo horizontal (eixo dos x).

[7] Ângulo externo de um polígono é o ângulo formado pelo prolongamento de um lado do polígono e o lado seguinte (Imenes et al., 1997, p.319).

Com o objetivo de finalizar o procedimento direcionada para baixo, a tartaruga deverá completar um giro total de 180^o em relação ao estado inicial. Essa situação poderá ser obtida com um giro adicional igual à metade do ângulo externo do quadrado (45^o) à direita, após a realização do último deslocamento do procedimento listado acima.

Com base nas análises acima apresentadas, os procedimentos contidos no programa em Logo **poligonal.b**, elaborado pelos sujeitos e abaixo descrito, constroem a Figura 8.19 (b), terminando com a tartaruga direcionada para baixo.

```
ap poligonal.b
pd 45
pf 50
pd 90
pf 50
pd 45
fim
```

Para a solução desse problema utilizou-se o quadrado, polígono regular com menor número par de lados, cuja forma geométrica em muito difere da circunferência (forma original do telhado no moinho). Esse fato não prejudicou o entendimento dos sujeitos, pois diante de situações-problema, anteriormente vivenciadas por eles neste estudo, eles já sabiam que, quanto maior fosse o número de lados do polígono utilizado, com maior qualidade estaria sendo representada a circunferência. Do ponto de vista matemático, pode-se dizer que durante o processo de construção, pelos sujeitos, de polígonos com número cada vez maior de lados, observou-se uma convergência da forma do polígono para a forma da circunferência.

Um resultado matemático pode ser inferido do fato acima mencionado, qual seja: Quanto maior o número de lados (n) de um polígono regular, menor será o ângulo externo desse polígono (ângulo externo = 360^o / n). Para um valor grande de n, o ângulo externo do polígono regular tende a um valor muito pequeno.

Nesse momento da interação, um próximo passo seria a transposição das estratégias criadas pelos dois sujeitos na resolução do problema proposto, para o problema de construção do telhado do moinho (semicircunferência). Entretanto, a pesquisadora com o objetivo de explorar as duas possíveis soluções do problema intermediário, apresentadas pelos sujeitos pesquisados, solicitou-lhes que explorassem os conceitos matemáticos envolvidos na representação de uma circunferência por um quadrado, cujo diâmetro fosse paralelo a uma reta horizontal.

8.1.5.1.5.2) Interpretação Matemática das Estratégias de Representação de um Circunferência por um Quadrado

Sabe-se que uma circunferência pode apresentar vários diâmetros iguais em diferentes posições. Nesse problema, da **representação da circunferência por um quadrado**, o objetivo consiste em fazer com que o **diâmetro da circunferência seja paralelo a uma reta horizontal**, pois, desse modo, obtém-se a **simetria bilateral na construção do moinho** (eixo de simetria vertical). A pesquisadora questionou se os sujeitos seriam capazes de interpretar como os quadrados posicionados na Figura 8.18 poderiam representar uma circunferência. Esta questão, implicitamente, significa que os sujeitos, ao priorizarem uma disposição ou

outra do quadrado, necessitam relacionar os comprimentos dos lados dos quadrados com a medida do diâmetro da circunferência.

Os sujeitos refletiram sobre o questionamento acima, analisaram as Figuras 8.18 (a) e (b), e, trabalhando em conjunto, elegeram uma circunferência particular e criaram os esquemas auxiliares apresentados a seguir:

Esquema 1: Representação de uma circunferência por um quadrado "reto"[8] inscrito

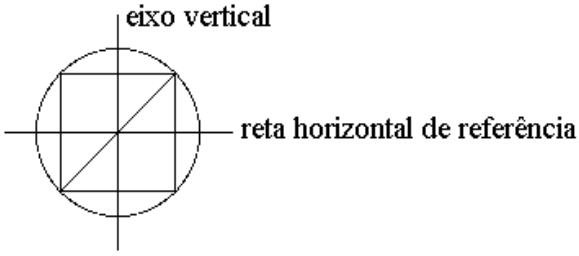


Figura 8.20 – Esquema 1

Refletindo e analisando o Esquema 1, os sujeitos inferiram que a estratégia criada não consistiu em uma solução para o problema, pois o **diâmetro da circunferência não se encontrava paralelo à reta horizontal de referência**. Ressalta-se que esta condição não satisfazia a simetria de uma semicircunferência em relação a um eixo vertical.

Esquema 2: Representação de uma circunferência por um quadrado "reto" circunscrito

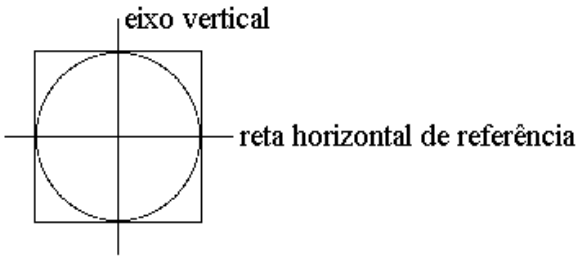


Figura 8.21 – Esquema 2

Uma vez que o quadrado "reto" do Esquema 1 não consistiu em uma solução para o problema, os sujeitos vislumbraram uma outra estratégia que seria a construção de um outro quadrado que estaria "por fora" da circunferência, como representado na Figura 8.21.

Os sujeitos refletiram e concluíram que a presente estratégia satisfazia as condições de **diâmetro paralelo a uma reta horizontal de referência** e **simetria da semicircunferência em relação a um eixo vertical passando pelo centro**. Portanto, essa estratégia seria uma possível solução para o problema.

Na estratégia acima, observa-se que o comprimento do lado do quadrado coincide com a medida do diâmetro da circunferência.

[8] Entende-se por quadrado "reto" o quadrado cujos lados são paralelos aos eixos cartesianos, dois a dois.

Esquema 3: Representação de uma circunferência por um quadrado "inclinado"[9] inscrito

Os sujeitos, investigando uma outra posição para dispor o quadrado na representação da circunferência, refletiram e chegaram à conclusão de que, girando o quadrado do Esquema 1, poderiam obter uma outra solução para o problema, representada a seguir.

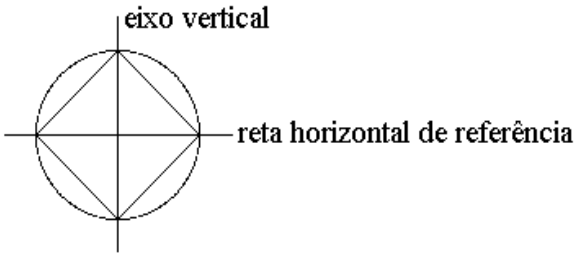


Figura 8.22 – Esquema 3

Nessa estratégia, verifica-se que o diâmetro da circunferência, paralelo a uma reta horizontal de referência, coincide com uma das diagonais do quadrado. Tal condição satisfaz à **simetria da semicircunferência** em relação a um eixo vertical passando pelo centro.

Tendo trabalhado em conjunto, os sujeitos responderam ao questionamento anterior da pesquisadora, apresentando os quadrados do Esquema 2, quadrado circunscrito, e do Esquema 3, quadrado inscrito, como sendo as possíveis soluções que representariam a circunferência.

Como a circunferência pode ser representada pelas duas últimas estratégias, para facilitar a comparação, e obter um melhor entendimento das relações matemáticas existentes, a pesquisadora solicitou aos sujeitos que apresentassem a sobreposição de ambas.

Apresenta-se abaixo a sobreposição das estratégias composta pelos sujeitos.

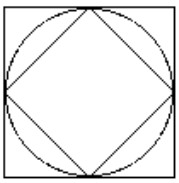


Figura 8.23 – Representação de uma circunferência por um quadrado:
duas estratégias possíveis

No processo de representação de uma circunferência por um polígono regular, com um número par de lados, à medida que cresce o número de lados do polígono utilizado, uma convergência se faz presente (em termos de forma). Quando o número de lados do polígono for grande, a forma do polígono coincide com a circunferência (circunferência representada na figura acima). A diferença básica entre a utilização de uma ou de outra estratégia

[9] Entende-se por quadrado "inclinado", um quadrado cujas diagonais encontram-se sobre os eixos cartesianos.

(Esquema 2 ou Esquema 3), consiste no fato da convergência ocorrer através de **polígonos inscritos**[10] ou de **polígonos circunscritos** à circunferência que se quer representar.

Analisando a Figura 8.23, observa-se um importante resultado matemático, qual seja, existe uma relação entre os lados dos dois quadrados. Tal relação expressa-se matematicamente por: $l^2 = 2 * (L / 2)^2$, no qual l expressa o comprimento do lado do quadrado inscrito (menor) e L expressa o comprimento do lado do quadrado circunscrito (maior). Em decorrência dessa relação conclui-se que: $L = l * \sqrt{2}$.

Sabe-se ainda que a relação entre os perímetros[11] dos quadrados expressa-se por $P / p = \sqrt{2}$, no qual P significa perímetro do quadrado circunscrito e p significa perímetro do quadrado inscrito. Generalizando, pode-se afirmar que a relação entre o perímetro do polígono circunscrito e o perímetro do polígono inscrito tende ao valor unitário, à medida que se utiliza polígonos com números cada vez maiores de lados.

É importante enfatizar que esses resultados matemáticos emergiram da interação pesquisadora, sujeitos e objeto de estudo e foram trabalhados pelos sujeitos de forma concisa, propiciando uma verdadeira compreensão de seus significados.

Portanto, resultados como os descritos, anteriormente evidenciam as potencialidades do ambiente Logo, no desenvolvimento de conceitos geométricos. Em outras palavras, em uma situação problema, aparentemente simples, pode-se explorar e construir de maneira concisa conceitos matemáticos geralmente trabalhados e apresentados de forma abstrata no ensino tradicional e nos livros didáticos.

Nessa interação, na resolução do problema intermediário, os sujeitos finalmente optaram pela solução apresentada na Figura 8.19 (b), por tratar-se de uma forma parecida com o telhado.

8.1.5.1.5.3) Adaptação da Estratégia para o Problema do Moinho

No processo de resolução do problema proposto – construção do moinho –, os sujeitos identificaram a **poligonal aberta superior** representada na Figura 8.19 (b) como sendo a que melhor representaria o **telhado do moinho** (semicircunferência), em uma situação real. A justificativa apresentada pelos sujeitos nesta escolha, baseou-se na forma da figura apresentada, pois disseram ser a que: "*mais se assemelhava com o telhado do moinho*". Assim sendo, lançando mão dos conceitos matemáticos inerentes às estratégias de resolução do problema intermediário, os sujeitos adaptaram-na para a construção do telhado do moinho. Para um melhor entendimento do leitor apresenta-se esta adaptação a seguir.

Com a tartaruga no extremo superior da lateral direita, voltada para cima, os sujeitos transpuseram a estratégia utilizada na elaboração do programa **poligonal.b** para a situação-problema presente – telhado do moinho –, e apresentaram os procedimentos seguintes como uma possível solução.

---

[10] Conceitos de polígonos inscritos e de polígonos circunscritos a uma circunferência são tratados na 7ª e na 8ª série do ensino fundamental. Para um possível aprofundamento do leitor sobre esse tema, consultar Imenes et al. (1997, p.125-127).

[11] Perímetro é a medida do contorno de uma figura geométrica plana (Imenes et al., 1997, p.337).

Sujeito A: pe 0.5 repita 180 [pf 0.872 pe 1]

Sujeito B: pe 0.5 repita 180 [pf 1 pe 1]

Observa-se que nos procedimentos computacionais, elaborados pelos Sujeitos A e B, o argumento **0.5** do comando **pe**, corresponde a metade do ângulo externo do polígono de 360 lados (1^o).

Dessa forma, o Sujeito A reelaborou sua estratégia, substituindo, no programa **moinho.a**, o procedimento **repita 180 [pe 1 pf 0.872]**, com o qual havia ajustado o tamanho do diâmetro da semicircunferência que representava o telhado, fazendo-o coincidir com a largura pré-estabelecida do moinho no projeto original, pelo procedimento **pe 0.5 repita 180 [pf 0.872 pe 1]**. O Sujeito B, por sua vez, substituiu, no programa **moinho.b**, o procedimento **repita 180 [pf 1 pe 1]**, pelo procedimento **pe 0.5 repita 180 [pf 1 pe 1]**.

Com a implementação dos procedimentos acima, os sujeitos obtiveram os resultados ilustrados na figura abaixo.

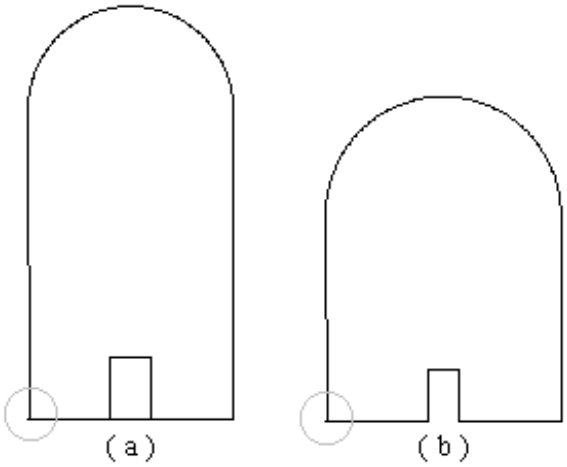


Figura 8.24 – Terceira representação da parte fixa do moinho
(a) Sujeito A
(b) Sujeito B

Nesse momento do processo de resolução do problema, no ambiente Logo, a pesquisadora, juntamente com os sujeitos, analisando os resultados acima, observaram que um novo conflito cognitivo havia surgido na construção da parte fixa do moinho, qual seja, as laterais esquerdas não coincidiam com as extremidades esquerdas das bases, como ressaltado na Figura 8.25, apresentada a seguir. Além disso, um outro fato evidenciado nessa interação constituiu-se na ocorrência de descontinuidades nas laterais esquerdas dos dois projetos, o que expressa o não paralelismo entre as laterais do corpo do moinho, e, conseqüentemente, a não obediência às leis de simetria bilateral de uma figura.

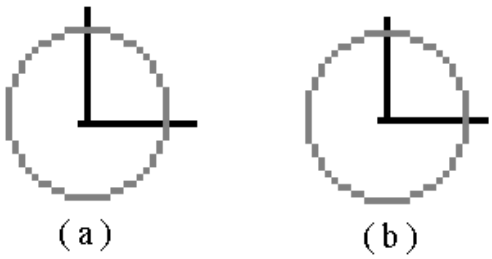


Figura 8.25 – Ampliação do canto esquerdo da terceira representação
da parte fixa do moinho
(a) Sujeito A
(b) Sujeito B

Diante do conflito surgido, os sujeitos refletiram e concluíram que, **como a tartaruga estava direcionada para cima**, antes de iniciar a construção do telhado, **ela deveria terminar a construção direcionada para baixo**, e conservar essa direção ao construir a lateral esquerda, mantendo dessa forma o **conceito de paralelismo** entre as laterais.

Ressalta-se que, inerente à essa estratégia, encontra-se um importante resultado matemático: **duas retas construídas com Logo serão paralelas entre si se durante o processo de construção dessas retas, a tartaruga tiver a mesma orientação, ou orientação oposta**.

Os sujeitos observaram que, pelos procedimentos computacionais relacionados às construções dos telhados acima apresentados, a tartaruga ao finalizá-las, completaria um giro de 180,5^{o}, portanto, meio grau além do desejado. Por isso, consideraram que seria necessário voltar a tartaruga meio grau para a direita, antes de construírem as laterais esquerdas.

Para tanto, o Sujeito A reelaborou sua estratégia, substituindo no programa **moinho.a** o procedimento **pe 0.5 repita 180 [pf 0.872 pe 1]** pelo procedimento **pe 0.5 repita 180 [pf 0.872 pe 1] pd 0.5**.

Da mesma forma, o Sujeito B substituiu no programa **moinho.b**, o procedimento **pe 0.5 repita 180 [pf 1 pe 1]** pelo procedimento **pe 0.5 repita 180 [pf 1 pe 1] pd 0.5**.

Assim sendo, os sujeitos obtiveram as construções desejadas para as partes fixas dos moinhos, representadas por poligonais fechadas, como mostrado na Figura 8.26 a seguir, as quais apresentam **simetria** em relação à um eixo vertical passando pelo centro de cada moinho.

Observando os procedimentos computacionais que geraram a representação final da parte fixa do moinho, conclui-se que os sujeitos construíram a semicircunferência que representa o telhado do moinho, com diâmetro paralelo a uma reta horizontal, utilizando a estratégia que constrói a metade de um polígono regular com 360 lados.

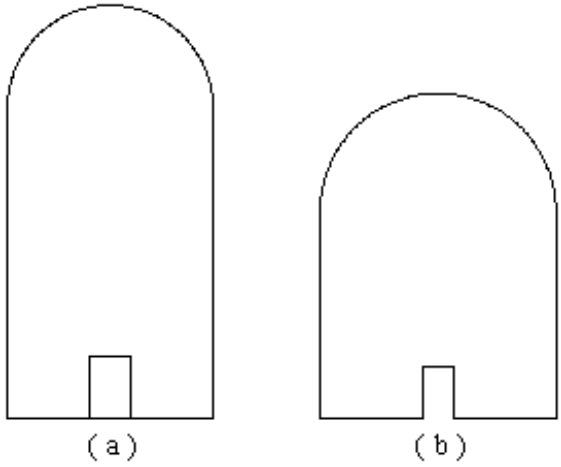


Figura 8.26 – Representação final da parte fixa do moinho
(a) Sujeito A
(b) Sujeito B

Constata-se, então, que vários conceitos matemáticos, subjacentes à essa construção, foram trabalhados pelos dois sujeitos deste estudo, no processo de resolução desse problema, tais como, Simetria, Paralelismo, Perpendicularismo, Distância, Circunferência, conceitos de raio e de diâmetro, entre outros. Além disso, o conceito de sintonicidade corporal foi explorado nos diversos momentos da construção do corpo do moinho acionado a vento, à medida em que os sujeitos se colocavam no lugar da tartaruga para determinar mudanças de posição e de direção.

Com o objetivo de finalizar a presente etapa, e posicionar a tartaruga de forma a cumprir o próximo objetivo, qual seja, a construção das pás do moinho, parte móvel do projeto, os sujeitos deslocaram a tartaruga para o ponto médio do lado superior do retângulo que compõe o corpo do moinho (lado não desenhado na tela), ponto correspondente ao centro da semicircunferência que representa o telhado. Nessa posição registraram uma marca semelhante ao sinal mais (+), direcionando a tartaruga para cima.

Os procedimentos computacionais utilizados para o deslocamento da tartaruga para o centro da semicircunferência estão apresentados como Procedimentos P8.2 no Anexo II desta pesquisa. Esses procedimentos foram adicionados aos Procedimentos P8.1 dos programas **moinho.a** e **moinho.b**.

Convém ressaltar que nesse momento, a pesquisadora e os sujeitos consideraram que a representação da parte fixa (corpo e telhado do moinho) foi finalizada com êxito.

Dessa forma, com o objetivo de explorar matematicamente os procedimentos computacionais elaborados pelos sujeitos na composição de suas estratégias durante o processo da **construção do telhado do moinho** (semicircunferência), e além disso, oferecer aos professores pesquisadores da área subsídios sobre a utilização do Logo na sala de aula, apresenta-se considerações sobre alguns resultados matemáticos decorrentes dessa interação.

8.1.5.1.6) Exploração de Novos Conceitos Matemáticos Associados à Construção do Telhado do Moinho

Na construção da parte fixa do moinho, mais especificamente, na finalização da semicircunferência (telhado do moinho), a pesquisadora explorou e analisou os encadeamentos de ações dos dois sujeitos. Com o objetivo de envolvê-los na busca de soluções e estratégias novas que levassem em conta a exploração da **simetria** e de outros conceitos matemáticos subjacentes à **construção do telhado do moinho**, a pesquisadora apresentou aos sujeitos considerações importantes, decorrentes de suas estratégias anteriormente utilizadas.

Sabe-se que no contexto da Geometria da Tartaruga, uma das estratégias mais empregadas para se **representar a construção de polígonos regulares** com **n** lados de comprimento **l**, consiste em criar um procedimento expresso por **repita n [pf l pe 360 / n]**, ou utilizar o comando **pd** em substituição ao comando **pe**, assim como variações em sua composição, tais como, **repita n [pf 1 pd 360 / n]**, ou **repita n [pe 360 / n pf 1]**, ou **repita n [pd 360 / n pf 1]**. Na literatura Logo, em geral, encontram-se **representações de circunferências por polígonos regulares com um número "grande" de lados**, como por exemplo 360.

Os sujeitos deste estudo utilizaram, para representar a semicircunferência, uma estratégia, decorrente da consideração acima, que consistiu na utilização do procedimento computacional: **repita n / 2 [pf l pe 360 / n]** (ou variação em sua composição), no qual **n / 2** representa o número de lados do semi-polígono[12] utilizado, e **l** representa a medida do comprimento dos lados.

Objetivando possibilitar aos sujeitos a transposição e generalização de suas estratégias, anteriormente utilizadas na representação da parte fixa do moinho (corpo e telhado) para a construção de semi-polígonos simétricos e, mais especificamente, explorar e compreender o pleno significado dos comandos **pe 0.5** e **pd 0.5** nos procedimentos utilizados na construção do telhado simétrico[13] (item 8.1.5.1.4), a pesquisadora propôs aos sujeitos a seguinte situação-problema intermediária.

É possível determinar a medida do ângulo formado pelo segmento que une as extremidades de um semi-polígono com uma reta horizontal de referência?

Os sujeitos envolveram-se na resolução desse desafio, sob as mesmas condições em que vinham trabalhando no projeto da construção da representação do moinho, no qual ambos compartilhavam idéias, embora trabalhassem em computadores distintos.

Para a solução do desafio proposto, os sujeitos exploraram vários polígonos e semi-polígonos regulares e perceberam que para existir simetria em relação aos eixos cartesianos[14],

---

[12] Nesse estudo, refere-se a semi-polígono como sendo metade de um polígono regular.

[13] Os procedimentos computacionais utilizados nas construções dos telhados simétricos dos moinhos são: **pe 0.5 repita 180 [pe 1 pf 0.872] pd 0.5** e **pe 0.5 repita 180 [pf 1 pe 1] pd 0.5**.

[14] Eixos Cartesianos são constituídos por duas retas perpendiculares, em geral designadas por x e y, que são as referências para as coordenadas cartesianas de um ponto. Coordenadas Cartesianas são dois números que indicam a localização de um ponto no plano (Imenes et al., 1997, p.324 e 327).

o polígono deveria ter um número par de lados. Dessa forma, escolheram o **octógono**, polígono regular com oito lados. Essa escolha se deu pelo fato do octógono ser o polígono regular com o dobro do número de lados do quadrado, que já tinha sido utilizado em estratégia anterior (Figura 8.19), em uma outra situação problema.

8.1.5.1.6.1) Construção de um Semi-octógono pelo Sujeito A

Na resolução do desafio proposto, o sujeito transpôs a estratégia utilizada na representação do telhado (Figura 8.12) **repita 180 [pe 1 pf 1]** para a presente tarefa, e assim sendo, elaborou o procedimento **semipolígono.a**, abaixo apresentado, o qual constrói a metade superior de um octógono com lados de comprimentos iguais a 50 passos da tartaruga, e uma reta horizontal de referência.

```
ap semipolígono.a
reta.horizontal
semioctógono.a
fim
```

No procedimento acima, **reta.horizontal** e **semioctógono.a** constituem os sub-procedimentos abaixo apresentados.

```
ap reta.horizontal
pe 90
pf 150
un pc ul
fim

ap semioctógono.a
repita 4 [pe 45 pf 50]
fim
```

O resultado obtido está reproduzido na Figura 8.27.

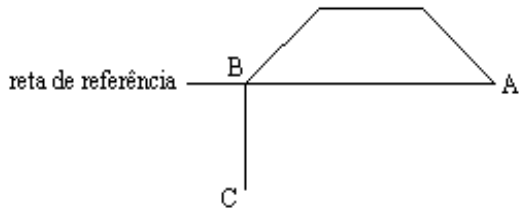


Figura 8.27 – Semi-octógono construído pelo Sujeito A

Analisando os procedimentos que geraram a figura apresentada, verificou-se que a tartaruga se posicionava inicialmente no ponto A (centro da área de trabalho), voltada para cima, e girou 45^{o} para a esquerda antes de construir o primeiro lado do semi-octógono. No total, essa seqüência de giro e deslocamento ocorreram quatro vezes, com a tartaruga posicionando-se, ao final da construção, no ponto C, direcionada para baixo, portanto com direção oposta àquela do estado inicial.

Observa-se na figura 8.27 que, com a presente estratégia, a construção do semi-octógono ocorreu numa posição tal, que um de seus quatro lados se apresenta abaixo da reta horizontal de referência (lado BC). Fato semelhante pôde ser observado neste estudo, durante a primeira tentativa de construção do telhado pelo Sujeito A, e reproduzida como uma semicircunferência na Figura 8.16. Ressalta-se que esse fato torna mais clara a compreensão da origem do conflito cognitivo surgido na resolução do problema anteriormente proposto (**Segundo Obstáculo Cognitivo para o Sujeito A**).

Com o objetivo de possibilitar ao Sujeito A uma perfeita compreensão do problema atual, a pesquisadora solicitou que ele desenhasse o segmento AC, unindo o ponto C (extremidade esquerda do semi-octógono na qual se posicionava a tartaruga) ao ponto A (extremidade direita do semi-octógono, localizada no centro da área de trabalho). O segmento AC corresponderia ao diâmetro da semicircunferência representada pelo semi-octógono, de acordo com a definição de diâmetro de semicircunferência apresentado anteriormente. Essa tarefa foi realizada com a utilização do comando **paracentro** (ou **pc**), que envia a tartaruga para o centro da área de trabalho, deixando registrado na tela seu rastro, e, no final, direciona a tartaruga voltada para cima.

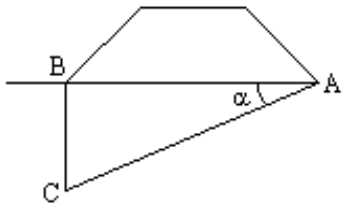


Figura 8.28 – Semi-octógono construído pelo Sujeito A e segmento que une suas extremidades

O desafio apresentado pela pesquisadora, durante a presente tarefa, consiste na determinação do ângulo de interseção do segmento AC com a reta horizontal de referência (ângulo α da Figura 8.28).

8.1.5.1.6.1.1) Circunferência Circunscrita – Determinação do Diâmetro

No processo de interação, o sujeito enfrentou algumas dificuldades na visualização de soluções adequadas ao seu problema e, desse modo, a pesquisadora questionou se ele já havia trabalhado anteriormente com polígonos regulares inscritos em uma circunferência. Nesse momento, o sujeito refletiu e respondeu que já havia trabalhado este conceito, em Matemática, na 7ª série.

Com o objetivo de transpor esses conceitos trabalhados anteriormente pelo sujeito, para um novo contexto – a Geometria da Tartaruga e suas especificidades –, a pesquisadora interveio, solicitando ao sujeito a inscrição do semi-octógono desenhado na tela, em uma circunferência.

Refletindo sobre a solicitação acima, o sujeito respondeu: *"Para um octógono estar inscrito em uma circunferência, seus oito vértices devem estar sobre essa circunferência."*

Assim sendo, após a realização de esquemas auxiliares, o sujeito concluiu que o diâmetro da circunferência circunscrita apresentava **comprimento igual ao de uma das diagonais** que une vértices opostos do octógono, como o **segmento AC** desenhado na

Figura 8.28. O seu centro estava localizado no ponto médio do segmento AC. Essa conclusão do sujeito baseou-se em conhecimentos matemáticos, trabalhados na escola, sobre polígonos inscritos e circunscritos. O grande desafio que surgiu nesse momento, consistiu em representar essas conclusões no ambiente Logo.

Apoiado nas conclusões acima, o sujeito argumentou; "*Se eu descobrir o comprimento do segmento AC, então eu consigo traçar a circunferência.*"

Assim sendo, uma vez que o sujeito tinha conhecimento de como representar no plano cartesiano pontos definidos por suas coordenadas cartesianas, e que já havia utilizado esse conceito para solução de sistemas de equações do 1º grau com duas variáveis (assunto tratado na 6ª série do 1º grau), a pesquisadora introduziu o comando em Logo **escreva posição** (ou **esc pos**), através do qual é possível conhecer-se as coordenadas cartesianas de um ponto referente à posição da tartaruga, solicitando, então, ao sujeito, a determinação das coordenadas dos pontos A, B e C.

Dessa forma, posicionando a tartaruga sobre esses pontos e utilizando o comando **escreva posição,** sucessivamente, o sujeito obteve, escrito na tela, as seguintes coordenadas:

Ponto A: (0 0)
Ponto B: (-120.71 0)
Ponto C: (-120.71 -50)

Nesse momento, a pesquisadora questionou ao Sujeito A, se ele saberia dizer que figura geométrica tinha como vértice os pontos A, B e C. O sujeito, após a realização de esquemas auxiliares em papel, respondeu que se tratava de um triângulo retângulo cujos catetos mediam respectivamente 120,71 e 50, e por meio do programa **triângulo.abc**, apresentado a seguir, construiu o triângulo retângulo (Figura 8.29), representando também os eixos cartesianos xy.

```
ap triângulo.abc
mudexy -120.71 0
mudexy -120.71 -50
mudexy 0 0
fim
```

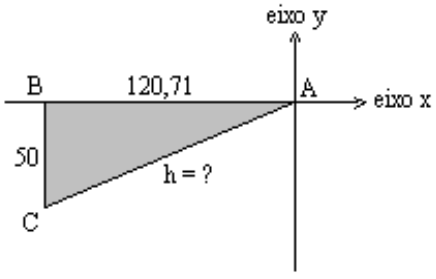


Figura 8.29 – Triângulo retângulo ABC

Pelos valores determinados para as coordenadas dos pontos A, B e C (vértices do triângulo), e pela disposição do triângulo em relação ao sistema de eixos xy, verificou-se que o triângulo foi construído no 3º quadrante do sistema de eixos cartesianos.

Aplicando o teorema de Pitágoras, o sujeito determinou o comprimento da hipotenusa **h**, que é a medida desejada do lado AC, ou seja,

$$h = \sqrt{120{,}71^2 + 50^2} = 130{,}65$$

É importante notar que o contexto Logo, com suas especificidades, possibilitou ao sujeito a exploração de conceitos matemáticos, como: distância entre dois pontos, coordenadas cartesianas, eixos cartesianos, teorema de Pitágoras, entre outros.

Continuando nessa interação, uma vez conhecida a medida do diâmetro, é possível construir a circunferência que circunscreve o semi-octógono, conforme argumentação do sujeito. Uma estratégia possível de ser utilizada seria aquela empregada anteriormente, pelo sujeito, na construção do telhado do moinho (representação da circunferência por um polígono regular com um número grande de lados e ajuste no tamanho dos lados do polígono – Item 8.1.5.1.2).

Porém, a pesquisadora, procurando envolver o sujeito A na utilização de uma **estratégia diferente** da anteriormente empregada para a construção de circunferências no ambiente Logo, solicitou o traçado da circunferência circunscrita, partindo do semi-octógono representados na Figura 8.28 (sem a reta de referência), utilizando **lápis, régua e compasso mecânico**.

À esta solicitação, o sujeito percebeu que necessitaria saber o comprimento do raio e, com essa abertura, posicionando o compasso no centro, desenharia a circunferência.

Uma vez que as determinações do ponto médio de um segmento, e do comprimento da metade desse segmento, constituem-se em tarefas relativamente simples de serem executadas com a utilização de régua e compasso, o sujeito apresentou a solução reproduzida a seguir.

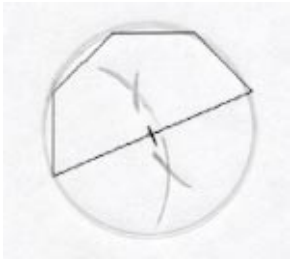


Figura 8.30 – Construção da circunferência circunscrita com compasso

A pesquisadora solicitou ao sujeito se seria possível a transposição desta estratégia (régua e compasso) empregada na construção da circunferência circunscrita para o ambiente da Geometria da Tartaruga. Ressalta-se que subjacente à citada estratégia, a construção de uma circunferência se expressa pelo seguinte conceito: **Circunferência é o lugar geométrico dos pontos eqüidistantes do centro**.

Em resposta à solicitação, o sujeito declarou que, para compor no ambiente Logo uma estratégia que reproduzisse aquela empregada na construção da circunferência com régua e compasso, ele necessitaria, inicialmente, conhecer o **comprimento do raio e a localização do centro** da circunferência.

8.1.5.1.6.1.2) Determinação do Centro da Circunferência Circunscrita pelo Sujeito A

Uma vez que o sujeito já conhecia a medida do diâmetro da circunferência, a determinação do raio representou uma tarefa simples para ele, pois, o raio tem por medida metade do valor determinado para o diâmetro, qual seja, 130,65 / 2 = 65,33.

Como o sujeito não possuía conceitos de Geometria Analítica, que lhe possibilitasse a determinação das coordenadas do centro da circunferência e, tampouco conceitos sobre Trigonometria, que lhe possibilitasse determinar os ângulos do triângulo retângulo ABC, tornando possível posicionar a tartaruga no ponto médio da hipotenusa AC, a dificuldade encontrada, nesse momento, relacionava-se com a composição da estratégia que mandaria a tartaruga para o **centro da circunferência**.

Para a determinação das coordenadas do centro, o sujeito recorreu novamente ao triângulo retângulo ABC da Figura 8.29; realizou construções auxiliares, com lápis, régua e papel, reproduzidas pela pesquisadora na Figura 8.31 e, assim sendo, aplicou o **teorema de Tales**, já visto e explorado por ele e seus colegas na 7ª série do ensino fundamental. Segundo esse teorema, **um feixe de retas paralelas, cortado por retas transversais, determina segmentos proporcionais**.

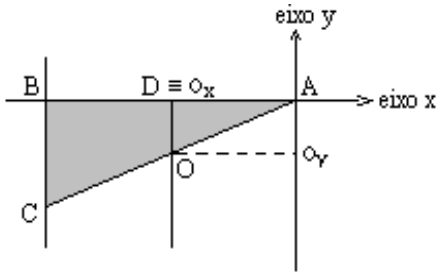


Figura 8.31 – Triângulo retângulo ABC com construções auxiliares para a determinação de o_x

Recorrendo à Figura 8.31, e baseando-se no teorema de Tales, o sujeito compôs a seguinte relação de proporcionalidade:

$$\frac{AC}{AB} = \frac{AO}{AD}$$

na qual, AC (diâmetro da circunferência) mede 130,65, AB mede 120,71, AO (raio da circunferência) mede 65,33 e AD (projeção ortogonal do raio OA no eixo x) é o segmento cujo tamanho se quer determinar.

Com a substituição dos valores acima, na relação apresentada, o sujeito obteve a seguinte expressão para a determinação de AD:

$$AD = \frac{120,71 * 65,33}{130,65} = 60,36$$

Considerando que o ponto A coincide com o centro do sistema de eixos cartesianos, relacionando o comprimento do segmento AD com a abcissa do ponto O, e ainda, sabendo

que, no sistema de eixos cartesianos, os pontos localizados à esquerda do centro do sistema apresentam abcissas com valores negativos, o sujeito deste estudo determinou a abcissa $o_x = -60,36$.

Para a determinação da ordenada o_y do centro da circunferência, o sujeito trabalhou com o triângulo retângulo ABC, levando novamente em conta os conceitos relacionados ao teorema de Tales, e assim sendo, realizou as construções auxiliares, reproduzidas pela pesquisadora na Figura 8.32.

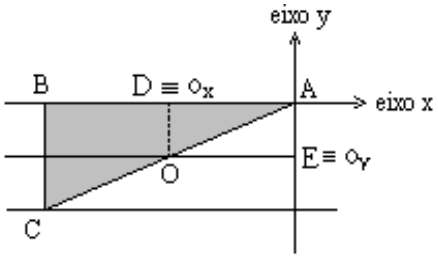


Figura 8.32 – Triângulo retângulo ABC com construções auxiliares para a determinação de o_y

Recorrendo aos triângulos ABC e ADO da Figura 8.32, o sujeito compôs a seguinte relação de proporcionalidade:

$$\frac{AC}{BC} = \frac{AO}{DO}$$

na qual, AC (diâmetro da circunferência) mede 130,65, BC (lado do octógono) mede 50, AO (raio da circunferência) mede 65,33 e DO (DO = AE, projeção ortogonal do raio OA no eixo y) é o segmento cujo tamanho se quer determinar.

Com a substituição dos valores acima, na relação apresentada, o sujeito obteve a seguinte expressão para a determinação da medida do segmento DO:

$$DO = \frac{65,33 * 50}{130,65} = 25$$

Levando em consideração que o valor acima determinado representa a distância do ponto o_y ao centro do sistema de eixos, e que o ponto O, centro da circunferência, está localizado abaixo do eixo x (coordenada negativa), o sujeito obteve $o_y = -25$.

Dessa forma, o Sujeito A determinou que o **centro da circunferência** está localizado no ponto de **coordenadas (-60,36 -25)** e, com o comando **mudexy -60.36 -25** posicionou a tartaruga no centro da circunferência circunscrita, sem alterar sua direção.

8.1.5.1.6.1.3) Procedimento Alternativo para Posicionar a Tartaruga no Centro da Circunferência Circunscrita

Ressalta-se que existe no *SlogoW* um comando que pode simplificar a tarefa de deslocar a tartaruga para o centro da circunferência circunscrita. Trata-se do comando **direçãopara**.

Considerando que a tartaruga está posicionada no ponto C da Figura 8.27, direcionada para baixo; que o centro da circunferência está sobre o segmento de reta que une os pontos A e C; e, ainda que já se conhece o comprimento do raio da circunferência circunscrita (65,33); a determinação do ângulo que a tartaruga deve girar, para poder atingir o ponto A; possibilita que a tartaruga seja posicionada no centro da circunferência, sem conhecer suas coordenadas cartesianas.

Assim sendo, com a tartaruga no ponto C da Figura 8.27, direcionada para baixo, o procedimento **mostre direçãopara [0 0]** fornece na tela o valor **67.5**. Trata-se do valor, em graus, do ângulo interno C no polígono mostrado na Figura 8.28.

Com esse valor determinado, o procedimento **centro.circunferência**, apresentado a seguir, desloca a tartaruga desde o ponto C (direcionada para baixo) até o centro da circunferência circunscrita. Em seu estado final a tartaruga estará voltada em direção ao ponto A.

```
ap centro.circunferência
pe 180 - 67.5
un pf 65.33 ul
fim
```

A aplicação desse procedimento, embora viesse simplificar a tarefa de posicionar a tartaruga no centro da circunferência, não ofereceria aos sujeitos a oportunidade de explorar os conceitos matemáticos surgidos durante a determinação do centro da circunferência circunscrita, no item anterior (8.1.5.1.6.1.2). Por essa razão a pesquisadora evitou discuti-la com os sujeitos, por se tratar de uma solução pronta, não possibilitando-lhes, dessa forma, uma busca e investigação de estratégias e conhecimentos matemáticos anteriores, e suas transposições e adequações ao contexto atual.

8.1.5.1.6.1.4) Construção da Circunferência Circunscrita pelo Sujeito A

Com o objetivo de construir a circunferência circunscrita ao semi-octógono, no ambiente Logo, o Sujeito A, lançando mão da estratégia, anteriormente utilizada na construção da Figura 8.30; manipulando o compasso mecânico; realizando vários experimentos com lápis e papel, e, ainda, procurando transpor suas estratégias, para o ambiente Logo, o referido sujeito sugeriu que a construção da circunferência fosse realizada ponto a ponto. Para representar a abertura do compasso, a tartaruga deveria partir do centro da circunferência e andar uma distância igual ao comprimento do raio, sem deixar seu rastro na tela, e, para representar o efeito do grafite no papel, a tartaruga deveria deixar registrado um ponto na tela. À medida que a tartaruga fosse marcando uma série de pontos na tela, realizando um giro entre cada construção, estaria sendo construído um arco de circunferência. Após completar um giro de 360^o, o resultado obtido na tela traduziria a construção de uma circunferência. Ressalta-se que o conceito matemático inerente a esta estratégia traduz-se pela definição, de circunferência, do ponto de vista euclidiano. Fatos como esse evidenciam a inter-relação da Geometria da Tartaruga com a Geometria Euclidiana.

Assim sendo, com a tartaruga no ponto correspondente ao centro da circunferência (ponto (-60,36 -25)), o procedimento **circunferência.circunscrita**, abaixo apresentado, constrói a circunferência circunscrita com raio de comprimento 65,33.

```
ap circunferência.circunscrita
repita 360 [un pf 64.33 ul pf 1 un pt 65.33 pd 1]
ul
fim
```

Com o programa **estratégia.diferente.a** abaixo apresentado, o Sujeito A construiu a circunferência circunscrita ao semi-octógono, como representado na Figura 8.33.

```
ap estratégia.diferente.a
semipolígono.a
un
mudexy -60.36 -25
ul
circunferência.circunscrita.a
fim
```

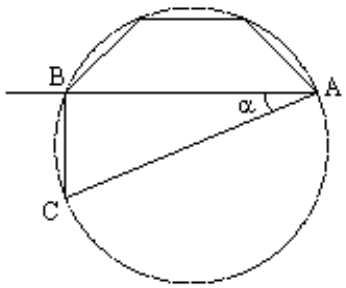


Figura 8.33 – Representação do semi-octógono com
a circunferência circunscrita – Sujeito A

Importa notar que os procedimentos computacionais utilizados na construção da circunferência da Figura 8.33, seguem uma estratégia distinta da usualmente utilizada em trabalhos com Logo, geralmente encontrada na literatura, na qual a **circunferência é representada por um polígono regular com um número "grande" de lados**. Na estratégia utilizada acima, a circunferência é construída segundo a definição da **Geometria Euclidiana**, qual seja, cada ponto que compõe a circunferência dista um valor fixo (65,33) do centro. Tal procedimento computacional, busca reproduzir a estratégia empregada em Geometria, na construção da circunferência com compasso mecânico.

Desse modo, a circunferência obtida é constituída por uma série de pontos, cada um representando um arco de 1^o. Em decorrência desse fato, o traçado da circunferência apresenta descontinuidades, uma vez que a dimensão de cada ponto registrado pela tartaruga na tela não é suficiente para cobrir o arco correspondente. A existência de descontinuidades foi observada pelo Sujeito A deste estudo, na circunferência construída. Ele a constatou quando, ao tentar pintar a figura obtida, a tinta vazou pela tela.

Dessa forma, o sujeito, na tentativa de solucionar o problema da descontinuidade, após explorações da circunferência no computador, encontrou, pelo menos, duas possíveis soluções. A primeira consistiu na elaboração de uma estratégia que aumentava a dimensão do ponto registrado pela tartaruga na tela, efeito obtido no procedimento computacional **circunferência.contínua1** reproduzido a seguir, com resultado mostrado na Figura 8.34 (a). A segunda solução consistiu no aumento do número de pontos utilizados na construção da circunferência, mantendo a dimensão original do ponto registrado pela tartaruga (espessura

do lápis), como mostrado no procedimento computacional **circunferência.contínua2** reproduzido a seguir, com resultado mostrado na Figura 8.34 (b).

```
ap circunferência.contínua1
mudeel [2 2]
repita 360 [un pf 64.33 ul pf 1 un pt 65.33 pd 1]
mudeel [1 1]
ul
fim

ap circunferência.contínua2
repita 720 [un pf 64.33 ul pf 1 un pt 65.33 pd 0.5]
ul
fim
```

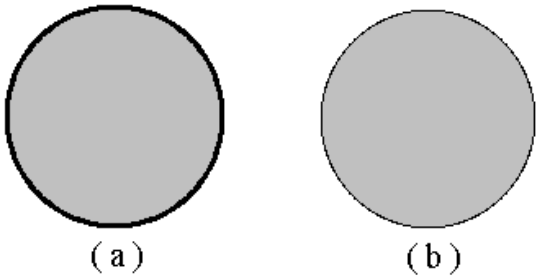


Figura 8.34 – Circunferências contínuas construídas com a nova estratégia
(a) Procedimento circunferência.contínua1
(b) Procedimento circunferência.contínua2

Analisando as duas circunferências construídas pelo Sujeito A, constata-se a diferença na espessura do lápis utilizado. Observa-se ainda que foi possível a pintura dos círculos, o que confirma a obtenção da continuidade das circunferências acima.

A utilização da presente estratégia para a construção de circunferências mostra-se bastante conveniente em determinadas aplicações, especialmente naquelas em que o conhecimento do valor do comprimento do raio e a localização do seu centro são facilmente determinados, como no caso da **construção do corpo do moinho**, na qual buscou-se, na realidade, construir uma parte da circunferência no ambiente Logo.

É importante afirmar que nessa interação, vários conceitos matemáticos foram explorados, tais como: teorema de Tales, teorema de Pitágoras, conceitos relacionados à Geometria Analítica (coordenadas de pontos, distância entre dois pontos), à Geometria Euclidiana (medidas de raio e diâmetro), entre outros.

É bom lembrar que existem várias versões de Logo, como já mencionado no Capítulo 4 desta pesquisa. A estratégia utilizada acima para construir circunferências pode também ser utilizada em uma outra versão do Logo – *StarLogo*[15].

[15] *StarLogo* encontra-se mencionado no Capítulo 4 desta pesquisa. Para maior aprofundamento sugere-se o trabalho de Resnick, 1997.

A utilização da presente estratégia para a construção de circunferências no ambiente do *StarLogo*, mostra-se extremamente conveniente e apropriada. Uma vez que no StarLogo é possível trabalhar com até 5.000 tartarugas, uma estratégia possível que reproduz a utilizada no programa **circunferência.circunscrita**, consiste em criar 360 tartarugas na tela, posicioná-las no centro (coordenadas (0 0)) e direcioná-las de forma que haja um grau de diferença entre elas. Uma única tartaruga será visível na tela. Esta será a última, que ocupa o topo de uma pilha de tartarugas (com espessuras desprezíveis), com 359 tartarugas por baixo. Estando as tartarugas assim direcionadas, o comando correspondente a **parafrente raio** faz com que todas se afastem do centro uma distância correspondente ao raio. Uma vez que, por definição, as tartarugas do *StarLogo* movem-se sem deixar rastro na tela, ao deslocarem-se formam uma circunferência na tela do computador com centro no ponto (0 0). Para se evitar o surgimento de descontinuidades na circunferência construída, à medida que o raio aumenta, um número maior de tartarugas deve ser utilizado.

Do ponto de vista matemático, no ambiente do *StarLogo*, uma outra estratégia interessante e desafiante, na construção de circunferências, consiste em criar 5.000 tartarugas na tela, aleatoriamente direcionadas, e posicioná-las no ponto correspondente ao centro da circunferência. Estando as tartarugas assim posicionadas e utilizando-se a "lei dos grandes números", a qual significa que estatisticamente há uma possibilidade de que ao menos uma tartaruga esteja direcionada para um dos pontos da circunferência, à medida que as tartarugas se afastam do centro, elas constroem uma circunferência na tela. Trabalhando com tartarugas aleatoriamente direcionadas na tela, é possível, com a estratégia acima, obter a circunferência com decontinuidades, ou ainda obter a construção de segmentos de arcos. Para mais detalhes ver Resnick, 1997 (p.95-98).

Como se pode observar, no ambiente Logo, o usuário pode lançar mão de várias estratégias diferentes; criar novos procedimentos; redimensionar e readaptar conceitos compreendidos anteriormente às novas situações, proporcionando-lhe a verdadeira compreensão e construção do conhecimento em situações práticas de resolução de problemas. Trata-se de uma verdadeira situação de "design", isto é, o sujeito, ao resolver problemas, interage com os elementos significativos da situação, criando hipóteses e testando-as matematicamente, reformulando suas estratégias em função de seus objetivos.

Novamente enfatiza-se que a riqueza e o poder do ambiente Logo só serão atingidos se os professores estiverem devidamente preparados, conforme seus objetivos, para intervir e mediar o processo de resolução de um determinado problema, de uma forma coerente e concisa.

8.1.5.1.6.1.5) Determinação do Ângulo de Interseção α pelo Sujeito A

Ainda nesse processo de interação, o sujeito, tendo em mente o novo desafio apresentado pela pesquisadora, qual seja, **determinar o ângulo de interseção do segmento AC com a reta horizontal de referência** (ângulo α da Figura 8.33), vislumbrou uma situação vivenciada por ele anteriormente na escola, na qual trabalhou com a aplicação do **teorema do ângulo inscrito**. Segundo esse teorema, **qualquer ângulo central**[16] **mede o dobro do ângulo inscrito que determina o mesmo arco** (Jakubo et al., 1994, p.168).

[16] Do ponto de vista geométrico, **ângulo central** é qualquer ângulo com vértice no centro de uma circunferência e **ângulo inscrito** é todo ângulo que tem vértice na circunferência e lados secantes a ela.

Dessa forma, o sujeito construiu na Figura 8.33 o ângulo central β determinado pelo arco BC, obtendo a figura a seguir.

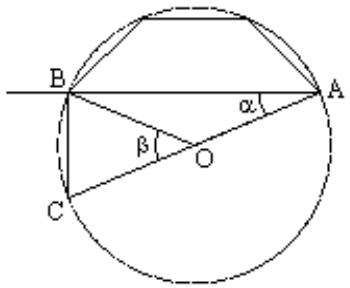


Figura 8.35 – Semi-octógono com a circunferência circunscrita
e construção auxiliar – Sujeito A

Conforme explicações do sujeito, na figura acima, o arco de circunferência BC é determinado por dois vértices consecutivos de um octógono inscrito, e β é o ângulo central determinado pelo arco BC. Portanto, pelo teorema do ângulo inscrito, β é igual a um oitavo do ângulo central da circunferência (um oitavo de 360^o), ou seja, $\beta = 360^o / 8 = 45^o$. Uma vez que α é um ângulo inscrito determinado pelo mesmo arco BC, **α mede a metade de β**, ou seja, $\alpha = \beta / 2 = 22{,}5^o$. Como o ângulo externo do octógono mede $360^o / 8 = 45^o$, e, como α mede $22{,}5^o$, o sujeito concluiu que α é igual à metade do ângulo externo do octógono, e está definido abaixo da reta horizontal de referência.

Com a determinação do ângulo α, o Sujeito A cumpriu, com sucesso, o desafio apresentado pela pesquisadora, qual seja, a **determinação da medida do ângulo formado entre o segmento que une as extremidades de uma semicircunferência representada por um semi-polígono qualquer, e uma reta horizontal**. Além do sucesso acima alcançado, o sujeito compreendeu de forma plena a **origem** do problema surgido durante a representação do telhado do moinho (Segundo Obstáculo Cognitivo), e o motivo por que, em sua estratégia anterior teve que ajustar o seu procedimento utilizando **pe 0.5 repita 180 [pf 0.872 pe 1] pd 0.5**. Em outras palavras, o sujeito compreendeu perfeitamente a estratégia anteriormente utilizada, que acrescentava ao seu procedimento computacional giros de 0,5 graus (**pe 0.5** e **pd 0.5**).

8.1.5.1.6.1.6) Construção de um Semi-octógono Simétrico pelo Sujeito A

A pesquisadora juntamente com o Sujeito A, analisando a construção do semi-octógono acima, chegaram à conclusão de que o semi-octógono não se apresentava simétrico a um eixo vertical que passa pelo seu centro.

Dessa forma, a nova tarefa que se impõe ao sujeito, nesse momento, consiste na construção de um semi-octógono que obedeça **simetria bilateral**, ou seja, **simetria em relação a um eixo vertical que passa pelo seu centro**. Para tanto, o sujeito, analisando a Figura 8.35, inferiu que o segmento que une suas duas extremidades (segmento AC) deveria estar contido na reta horizontal de referência.

Refletindo sobre sua inferência, o sujeito manifestou uma possível conclusão, qual seja, "*girando o semi-octógono um ângulo igual a α, para cima, poderei obter a solução para esta tarefa.*"

Na constatação acima, o sujeito referiu-se a uma rotação do semi-octógono, 22,5^o (metade do ângulo externo do octógono regular) no sentido horário, em torno do ponto A.

Refletindo e transpondo esta estratégia para o contexto Logo, o sujeito obteve o resultado desejado girando a tartaruga 22,5^o (metade do ângulo externo do octógono) para a direita, antes do início da construção do semi-octógono, como expresso no programa **novo.semipolígono.a** abaixo apresentado, com resultado ilustrado na figura a seguir.

```
ap novo.semipolígono.a
reta.horizontal
pd 22.5
semioctógono.a
fim
```

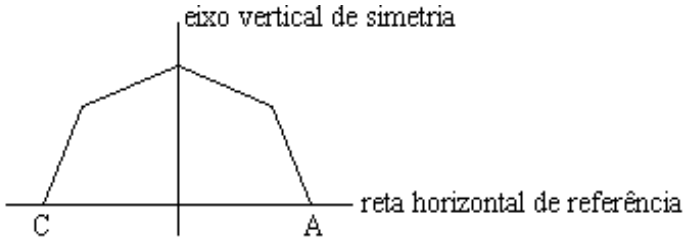


Figura 8.36 – Semi-octógono com diâmetro contido na reta horizontal de referência – Sujeito A

Observa-se na figura acima que o diâmetro AC está contido na reta horizontal de referência, e que o semi-polígono apresenta simetria bilateral, ou seja, simetria em relação ao eixo vertical que passa pelo seu centro. Tal estratégia coincide com a estratégia que os sujeitos utilizaram, anteriormente, na construção do telhado do moinho.

Ressalta-se que esta estratégia e a anteriormente utilizada na construção do telhado do moinho[17] são similares, porém, diferem em suas composições.

8.1.5.1.6.2) Construção de um Semi-polígono Regular pelo Sujeito B

Ressalta-se que nesta interação, o Sujeito B envolveu-se nos mesmos problemas que o Sujeito A. Nessa análise, serão ressaltados os aspectos diferenciadores das estratégias utilizadas pelos dois sujeitos.

Durante a resolução do problema da construção do telhado do moinho, na primeira estratégia utilizada pelo Sujeito B, e representada pelo comando **repita 180 [pf 1 pe 1]**, foi construída a metade superior do polígono regular de 360 lados (com lado de valor unitário), na qual ele utilizou uma estratégia diferente daquela utilizada pelo Sujeito A.

Analisando a estratégia acima, observa-se que, inicialmente, a tartaruga estava posicionada sobre a extremidade superior da lateral direita, direcionada para cima, e o primeiro comando executado foi um deslocamento para frente no valor correspondente a um passo unitário da tartaruga. Transpondo esta estratégia para o presente problema, o sujeito

[17] A estratégia utilizada na construção final do telhado do moinho, surgiu no processo de solução de um problema intermediário, no qual o quadrado foi decomposto em duas poligonais abertas na horizontal, tal que essas poligonais resultaram simétricas entre si, e apresentaram **simetria** em relação a um eixo vertical.

elaborou o procedimento **estratégia.b**, abaixo apresentado, o qual constrói a metade superior do octógono, com lados de comprimento iguais a 50 passos da tartaruga, bem como uma reta horizontal de referência.

```
ap estratégia.b
reta.horizontal
semioctógono.b
fim
```

No procedimento acima, **reta.horizontal** e **semi.octógono.b** são os sub-procedimentos abaixo apresentados:

```
ap reta.horizontal
pe 90
pf 150
un pc ul
fim

ap semioctógono.b
repita 4 [pf 50 pe 45]
fim
```

O resultado obtido está reproduzido na figura abaixo.

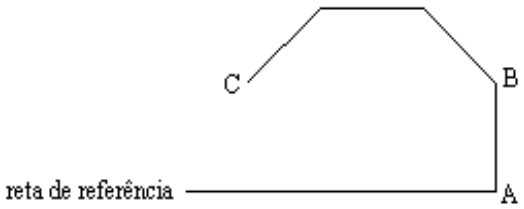


Figura 8.37 –Semi-octógono construído pelo Sujeito B

Analisando os procedimentos que geraram a Figura 8.37, verifica-se que a tartaruga se posicionava, inicialmente, no ponto A (centro da área de trabalho), voltada para cima, e construiu o primeiro lado do semi-octógono (lado AB) antes de deslocar-se 45^o para a esquerda. No total, essa seqüência de deslocamento e de giro ocorreu quatro vezes, com a tartaruga posicionando-se, ao final da construção, no ponto C, direcionada para baixo, portanto, com direção oposta àquela do estado inicial.

Observa-se na Figura 8.37 que, com a presente estratégia, a construção do semi-octógono ocorreu numa posição tal que sua extremidade esquerda (ponto C) encontra-se acima da reta horizontal de referência, distando desta um valor correspondente ao lado AB. Fato semelhante pôde ser observado, durante a primeira construção do telhado, pelo Sujeito B, e que resultou no **não fechamento da poligonal**, representada na Figura 8.13 (b). Esse fato torna mais clara a compreensão da origem do conflito cognitivo surgido na resolução do problema anteriormente proposto (Segundo Obstáculo Cognitivo para o Sujeito B).

Assim como o Sujeito A, o Sujeito B também construiu (com o comando **paracentro**) o segmento AC (ilustrado na figura abaixo), segmento que une o ponto C (extremidade esquerda do semi-octógono e no qual se encontrava a tartaruga) ao ponto A (extremidade direita do semi-octógono, localizada no centro da área de trabalho).

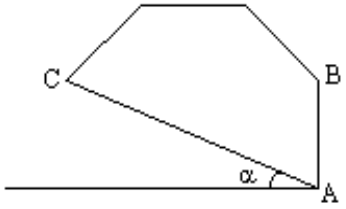


Figura 8.38 – Semi-octógono construído pelo Sujeito B e segmento que une suas extremidades

8.1.5.1.6.2.1) Construção da Circunferência Circunscrita pelo Sujeito B

No processo de resolução desse problema, com o objetivo de conhecer o valor do ângulo α, ângulo de interseção do segmento AC com a reta horizontal de referência, utilizando o procedimento **escreva posição**, o sujeito determinou as coordenadas dos pontos A, B e C, obtendo os seguintes valores na tela:

Ponto A: (0 0)
Ponto B: (0 50)
Ponto C: (-120.71 50)

Comparando as coordenadas do ponto C (extremidade esquerda do semi-octógono) mostradas acima, com as coordenadas do ponto C obtidas pelo Sujeito A ((-120.71 -50)), os sujeitos observaram que elas **diferem somente no sinal do segundo termo** do par ordenado.

Ressalta-se que o significado dessa diferença consiste no fato de que, na construção dos semi-polígonos pelos Sujeitos A e B, suas extremidades esquerdas apresentam simetria em relação ao eixo das abcissas (eixo x). Em decorrência desse fato, o segmento AC, desenhado pelo Sujeito B, apresenta-se simétrico ao segmento AC, desenhado pelo Sujeito A, em relação ao mesmo eixo das abcissas.

Com a construção auxiliar do segmento BC, o Sujeito B construiu o triângulo ABC, que identificou como sendo retângulo, cujos catetos medem respectivamente 120,71 e 50, como representado abaixo.

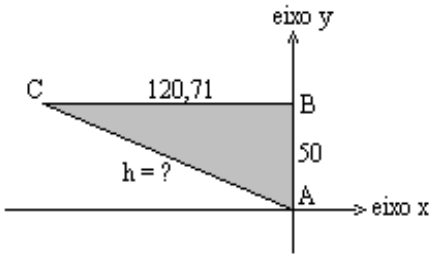


Figura 8.39 – Triângulo retângulo ABC construído pelo Sujeito B

Pelos valores determinados para as coordenadas A, B e C (vértices do triângulo retângulo), e pela disposição do triângulo em relação ao sistema de eixos cartesianos xy, verifica-se que o triângulo da Figura 8.39 foi construído no 2º quadrante.

Aplicando o teorema de Pitágoras, o Sujeito B determinou o comprimento da hipotenusa **h**:

$$h = \sqrt{120{,}71^2 + 50^2} = 130{,}65$$

que coincide com o valor determinado pelo Sujeito A.

Utilizando uma estratégia semelhante à anteriormente descrita e empregada pelo Sujeito A – **teorema de Tales –**, o Sujeito B determinou as coordenadas do centro da circunferência circunscrita representada pelo par ordenado (-60.36 25). Com essas coordenadas do centro, e com o comprimento do raio dado pela metade do valor determinado acima para **h** (diâmetro da circunferência circunscrita), o procedimento **circunferência.circunscrita**, anteriormente apresentado, constrói a circunferência circunscrita, com raio 65,33.

Com o programa **estratégia.diferente.b** apresentado a seguir, o Sujeito B construiu a circunferência circunscrita ao semi-octógono da Figura 8.38, como representado na Figura 8.40.

```
ap estratégia.diferente.b
semipolígono.b
un
mudexy -60.36 25
ul
circunferência.circunscrita
fim
```

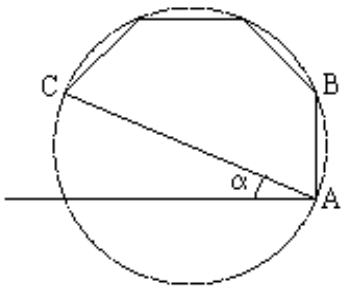


Figura 8.40 – Representação do semi-octógono com a circunferência circunscrita – Sujeito B

8.1.5.1.6.2.2) Determinação do Ângulo de Interseção α pelo Sujeito B

Para efeito de determinação do ângulo de interseção do segmento AC com a reta de referência (ângulo α), o Sujeito B, partindo da figura acima construiu o ângulo central β e nomeou o ângulo complementar de α como sendo ϕ. A figura resultante está representada abaixo.

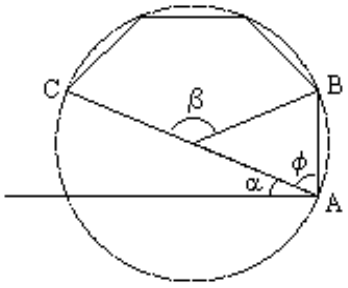


Figura 8.41 – Semi-octógono com o ângulo central β

Na Figura 8.41, o arco de circunferência BC corresponde a **três oitavos** do arco total da circunferência (o arco BC está definido por três lados consecutivos do semi-octógono), portanto o ângulo central β, determinado pelo arco BC é igual a três oitavos do ângulo central da circunferência, ou seja, $\beta = (3 / 8) * 360^o = 135^o$. Uma vez que ϕ é o ângulo inscrito determinado pelo mesmo arco BC, ϕ mede a metade de β, ou seja, $\phi = \beta / 2 = 67{,}5^o$. Como α, ângulo de interseção do segmento AC com a reta horizontal de referência, é o complemento do ângulo ϕ (o lado AB do semi-octógono foi construído perpendicular à reta horizontal de referência), $\alpha = 90^o - \phi = 90^o - 67{,}5^o = 22{,}5^o$.

Uma vez que o ângulo extremo do octógono mede 45^o, conclui-se que a medida de α é igual à metade do ângulo externo, e está definido acima da reta horizontal de referência, no $2^{\underline{o}}$ quadrante.

8.1.5.1.6.2.3) Construção de um Semi-polígono Simétrico pelo Sujeito B

Na resolução desse problema, uma vez que o Sujeito B cumpriu com sucesso o desafio apresentado pela pesquisadora (**a determinação da medida do ângulo formado entre o segmento que une as extremidades de uma semicircunferência representada por um semi-polígono qualquer, e uma reta horizontal**) e, além disso, compreendeu de forma plena a **origem do problema** surgido durante a representação do telhado do moinho (não fechamento da poligonal), a pesquisadora questionou que estratégia ele poderia usar para que o semi-polígono se apresentasse simétrico em relação a um eixo vertical passando pelo seu centro. O sujeito refletiu sobre seus procedimentos e explicitou a seguinte inferência:

"*Se eu construísse o semi-octógono de forma que o segmento que une suas duas extremidades (segmento AC da Figura 8.40) ficasse contido na reta horizontal de referência, obteria uma figura simétrica.*"

Analisando a Figura 8.40, na mesma linha de raciocínio do Sujeito A, o Sujeito B tentando finalizar sua tarefa, concluiu que *"girando o semi-octógono um ângulo igual a α, para baixo, conseguirei o semi-octógono desejado."*

A citada estratégia, elaborada pelo sujeito, relaciona-se a uma rotação do semi-octógono, $22{,}5^o$ (metade do ângulo externo do octógono regular) no sentido anti-horário, em torno do ponto A.

No contexto da Geometria da Tartaruga, o sujeito obteve esse resultado girando a tartaruga $22{,}5^o$ (metade do ângulo externo do octógono) para a esquerda, antes do início da

construção do semi-octógono, como expresso no programa **novo.semipolígono.b** apresentado a seguir, com resultado ilustrado na Figura 8.42.

```
ap novo.semipolígono.b
reta.horizontal
pe 22.5
semioctógono.b
fim
```

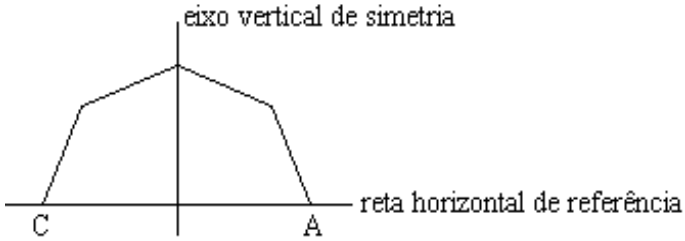


Figura 8.42 – Semi-octógono com diâmetro contido na reta horizontal de referência – Sujeito B

Observa-se, na Figura 8.42, que seu diâmetro AC apresenta-se paralelo a uma reta horizontal, e que o semi-polígono apresenta **simetria** em relação ao eixo vertical passando pelo seu centro, resultados necessários para a construção do telhado **simétrico** do moinho, e obtidos, anteriormente, pelo sujeito.

8.1.5.1.6.3) Comentários Conclusivos sobre a Construção do Corpo do Moinho

Analisando as estratégias utilizadas acima, conclui-se que os sujeitos do presente estudo, lançando mão de conceitos anteriormente trabalhados na escola: teorema de Pitágoras, teorema de Tales, conceitos sobre Geometria Euclidiana, sobre Geometria Analítica, entre outros, puderam aplicá-los de forma significativa às novas situações-problema propostas pelo a pesquisadora, nessa interação. Enfatiza-se que o ambiente Logo, com suas especificidades, propiciou aos sujeitos a criação e a composição de suas estratégias relacionadas aos objetivos a serem alcançados (determinação do ângulo α), valorizando alguns procedimentos em relação a outros, por exemplo, a escolha e composição de procedimentos computacionais que dessem conta de resolver seus problemas, e, além disso, a criação de heurísticas durante o processo de resolução desse problema.

Desse modo, ao finalizarem as suas tarefas, os sujeitos perceberam a relação do ângulo α com a **simetria** subjacente à construção do moinho, conceito este extremamente importante em uma construção real, pois, através dele é que se mantém o paralelismo dos lados do moinho e a plena integração do telhado (semicircunferência) ao corpo do moinho.

Esses aspectos evidenciam as possibilidades e as concepções extremamente importantes do ambiente Logo, pois este está sempre desafiando os sujeitos a buscar novos conhecimentos, proporcionando-lhes, não somente condições de reavaliações de suas estratégias e criação de heurísticas, mas também possibilitando-lhes a construção de novas idéias.

8.1.5.2) Construção da Parte Móvel do Moinho

8.1.5.2.1) Construções das Pás

No processo de construção da parte móvel do moinho, os sujeitos iniciaram a construção das pás. Assim sendo, elaboraram programas computacionais gerando triângulos equiláteros e compuseram as quatro pás como representadas na esquematização do moinho (Figura 8.6). Dentro da liberdade criativa, característica presente quando se trabalha no ambiente Logo, utilizaram procedimentos computacionais distintos, bem como diferentes tamanhos para as pás.

O Sujeito A utilizou um sub-procedimento que constrói uma pá e posiciona, no final da construção, a tartaruga apontando para o centro do lado oposto ao vértice em que se encontra. Utilizando esse sub-procedimento construiu a pá superior e em seguida as demais, no sentido horário.

O Sujeito B iniciou sua tarefa, compondo os procedimentos computacionais e, refletindo sobre sua programação, lançou mão do comando **repita** na construção da pá superior e em seguida as demais, no sentido anti-horário. Os procedimentos computacionais que determinam as pás encontram-se no Anexo II desta pesquisa (Procedimentos P8.3).

Os resultados obtidos pelos sujeitos estão apresentados na Figura 8.43.

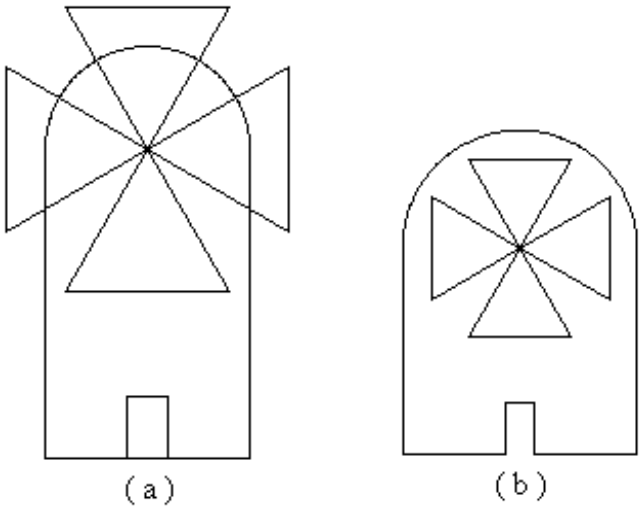


Figura 8.43 – Moinho com as pás
(a) Sujeito A
(b) Sujeito B

Nota-se que, nos projetos finais das construções dos moinhos acionados a vento, as representações das pás diferem entre si. Respeitando, porém, a vontade do Sujeito B, a pesquisadora aceitou a solução por ele apresentada, uma vez que idéias próprias e a criatividade constituem características essenciais em uma atividade de “design”.

8.1.5.2.2) Pintura das Pás

Com o moinho construído, o próximo objetivo a ser alcançado pelos sujeitos consistiu na pintura das pás. Novamente os sujeitos utilizaram diferentes estratégias. Enquanto o Sujeito A criou um sub-procedimento que pintava as pás seqüencialmente, a partir da superior, no sentido horário, o Sujeito B, adicionou ao programa **moinho.b** já existente procedimentos que pintavam as pás na seguinte seqüência: direita, esquerda, inferior e superior, e pintava posteriormente o corpo do moinho. Os procedimentos computacionais estão apresentados no Anexo II, desta pesquisa (Procedimentos P8.4).

Uma vez que as projeções das pás superior e laterais do moinho construído pelo Sujeito A excederam à projeção do corpo e, além disso, como na ação dos comandos **mudecp** e **pinte** existe uma delimitação das figuras a serem pintadas, delimitação esta expressa através da cor do lápis que está ativa, o Sujeito A não conseguiu pintar totalmente as referidas pás, gerando um problema, como o ilustrado a seguir.

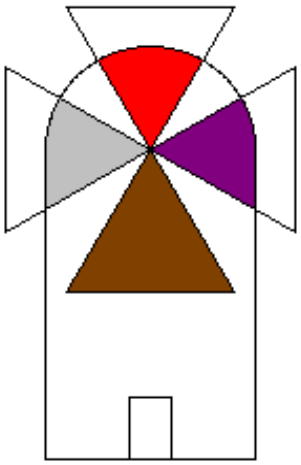


Figura 8.44 – Tentativa de pintura das pás pelo Sujeito A

A origem desse problema está relacionado com um detalhe, em Logo, com o qual os sujeitos não estavam familiarizados. Por isso, a pesquisadora trabalhou com eles esta limitação.

O Sujeito A lançou mão desse novo fato, levou em consideração que seriam utilizadas diferentes cores nas pinturas das pás e elaborando o sub-procedimento **pás**, o qual constrói cada pá com lápis na cor a ser utilizada em sua pintura, e a pinta em seguida. Assim sendo, definiu novos procedimentos computacionais, apresentados no Anexo II, desta pesquisa (Procedimentos P8.5), os quais passaram a substituir o Procedimento P8.3, que constrói as pás, e os Procedimentos P8.4, utilizados para a pintura das pás.

Apresentam-se abaixo os resultados das representações dos moinhos pelos dois sujeitos.

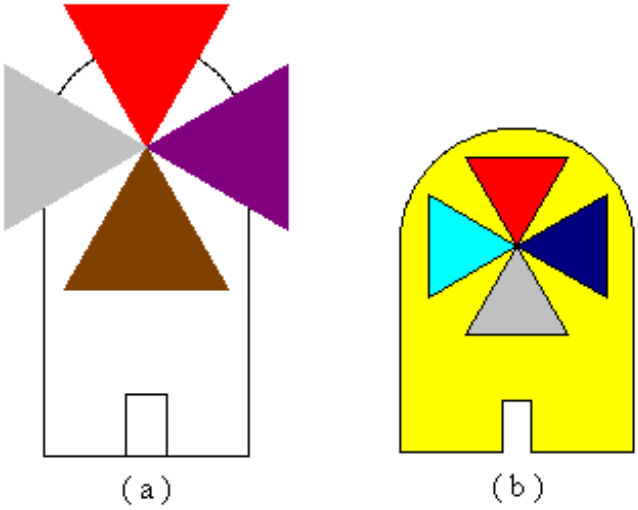


Figura 8.45 – Moinhos acionados a vento
(a) Sujeito A
(b) Sujeito B

Uma vez que ambos terminaram com sucesso a construção da representação estática do moinho, apesar do Sujeito B não ter atendido a solicitação de construir as pás com procedimentos separados (sub-procedimentos), a pesquisadora solicitou aos sujeitos que passassem à elaboração de programas computacionais que permitissem a animação em tempo real.

8.1.6) Animação em Tempo Real

Foi constatado pela pesquisadora que, na execução da presente tarefa, os sujeitos trabalharam cooperativamente, trocando idéias e implementando estratégias distintas, porém, definidas através de reflexões comuns, além de terem ocorrido discussões com a pesquisadora.

Os sujeitos demonstraram a compreensão do significado da animação, explicando que nos projetos anteriores (**moinho.a** e **moinho.b**) os corpos e os telhados deveriam permanecer fixos e que, repetidamente, teriam que construir as pás, apagarem-nas e as construírem novamente em uma nova posição. Assim sendo, sugeriram que, entre cada construção das pás, houvesse um giro de 10^{o}.

A primeira constatação dos sujeitos foi que não seria possível implementarem a referida estratégia nos programas anteriormente elaborados, que seria necessário existir sub-procedimentos para as construções das pás, como anteriormente solicitado pela pesquisadora. Dessa forma, os sujeitos passaram a rever seus programas, obtidos até o momento, iniciando a necessária reestruturação. Esse fato foi importante do ponto de vista computacional, pois os programas não atingiam os objetivos dos sujeitos – animação das pás – sendo necessário as reelaborações dos programas em sub-procedimentos.

8.1.6.1) Reestruturação dos Programas moinho.a e moinho.b

Nesse processo de interação, o Sujeito A reestruturou seu programa **moinho.a**. Nessa reestruturação o sub-procedimento **corpo.a** ficou determinado pela parte do programa que constrói a parte fixa do moinho (corpo e telhado) e termina com a tartaruga no centro da área de trabalho, voltada para cima. Os comandos que movem a tartaruga do centro da área de trabalho até o ponto no qual está o centro da semicircunferência que representa o telhado, o qual coincide com o centro das pás, e que registram uma marca semelhante ao sinal mais (+), passaram a constituir o sub-procedimento **ponto**. Os comandos que constroem as pás e as pintam passaram a constituir o sub-procedimento **pás.a**. Durante a reestruturação, o Sujeito A definiu o sub-procedimento **final** que move a tartaruga do ponto em que está o centro das pás até o centro da área de trabalho (ponto final da tartaruga no presente projeto), direcionando-a para cima.

Da mesma forma, o Sujeito B também estruturou seu programa **moinho.b**. Os comandos que constroem a parte fixa do moinho e movem a tartaruga desde o canto inferior esquerdo da base até o ponto onde está o centro da semicircunferência que representa o telhado, o qual coincide com o centro das pás, e que também registram uma marca semelhante ao sinal mais (+), passaram a constituir o sub-procedimento **corpo.b**. Os comandos que constroem as pás e as pintam, passaram a constituir o sub-procedimento **pás.b**. Nessa reestruturação, o Sujeito B eliminou a estratégia utilizada para pintar a parte fixa do moinho.

Os sujeitos, com o objetivo de diferenciar esses programas dos anteriormente elaborados, nomearam-nos de **moinhonovo.a** e **moinhonovo.b**.

Os programas computacionais **moinhonovo.a** e **moinhonovo.b** estão apresentados a seguir.

```
ap moinhonovo.a
corpo.a
ponto
pás.a
final
fim

ap moinhonovo.b
corpo.b
pás.b
fim
```

Os programas, bem como os sub-procedimentos que os compõem estão descritos no Anexo II, deste Estudo de Caso, como Procedimentos P8.6.

Os resultados obtidos pelos sujeitos com esses programas são semelhantes àqueles mostrados nas Figuras 8.45 (a) e (b).

8.1.6.2) Elaboração de Programas para Animação em Tempo Real – Logo

O objetivo dos sujeitos consiste em projetar as pás dos moinhos em posições que representem um giro de 10^o em relação às anteriores, isto é, executar quadros seqüenciais com intervalos de 10^o. A pesquisadora questionou qual seria o sentido de giro que eles escolheriam para girar as pás. Os sujeitos responderam que as pás girariam no sentido horário. Após reflexões os sujeitos partiram para a exploração e experimentação de suas estratégias. Para tal, eles utilizaram diferentes composições de estratégias.

O Sujeito A partiu do programa **moinhonovo.a** anteriormente definido e ordenou à tartaruga que girasse 10^o à direita antes de construir as pás. Para obter esse efeito, alterou o programa **moinhonovo.a**, introduzindo o comando **pd 10** antes do sub-procedimento **pás**. Para um melhor entendimento, o sujeito passou a chamá-lo de **moinhonovo.a.alterado**, como abaixo ilustrado.

```
ap moinhonovo.a.alterado
corpo.a
ponto
pd 10
pás.a
final
fim
```

Para efeito de visualização do moinho com as pás desenhadas em diferentes posições, o Sujeito A buscou construir uma série de figuras, representando cada uma delas, o moinho com as pás deslocadas 10^o à direita. Já tendo obtido a primeira figura dessa série (Figura 8.45 (a)), o Sujeito A construiu a segunda figura com o procedimento acima. Para obter a terceira figura dessa série desejada, o sujeito substituiu o comando **pd 10**, no programa **moinhonovo.a.alterado**, pelo comando **pd 20**. As duas últimas figuras dessa série estão mostradas a seguir.

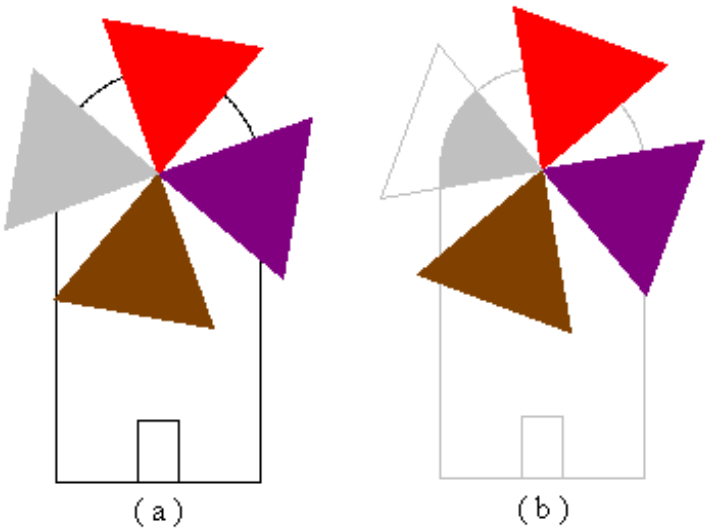


Figura 8.46 – Moinhos construídos pelo Sujeito A com as pás deslocadas em 10^o – tentativa de construção da segunda e da terceira figura da série
(a) pás deslocadas 10^o à direita
(b) pás deslocadas 20^o à direita

Examinando a Figura 8.46 (b), o Sujeito A constatou que obteve sucesso em termos do deslocamento das pás, entretanto, observou que, durante a pintura em uma das pás, surgiu um problema semelhante ao que já ocorrera anteriormente, qual seja, a pá esquerda não foi pintada por completo. Outro detalhe que chamou sua atenção foi a cor do lápis utilizada pela tartaruga na construção da parte fixa do moinho, representado na Figura 8.46 (b).

Diante desse problema, o Sujeito A, analisando os procedimentos que geraram as figuras acima, confirmou a ocorrência de mudança na cor do lápis durante a construção e pintura seqüencial de cada pá pelo sub-procedimento **pás.a**, como anteriormente planejado, sendo que durante a construção e pintura da pá esquerda, na Figura 8.46 (a) (a última pá construída com o programa **moinhonovo.a.alterado**) a cor 7 (cinza claro) foi a última utilizada.

Uma vez que o sub-procedimento **corpo.a** não contempla mudança na cor do lápis, a cor 7 passou a ser a cor ativa do lápis na construção da parte fixa do moinho, na segunda utilização do programa **moinhonovo.a.alterado** (desta vez com o comando **pd 20** em substituição ao comando **pd 10**), como representado na Figura 8.46 (b). Em decorrência desse fato, uma vez que a projeção da pá esquerda excede a projeção da parte fixa, e tendo sido ambas construídas com a mesma cor, a delimitação da área a ser pintada pelos comandos **mudecp 7** e **pinte** não coincide com a área que representa a pá.

Recorrendo aos recursos já utilizados anteriormente na superação de problema semelhante, o Sujeito A introduziu, como primeiro comando executável no sub-procedimento **corpo.a**, o comando **mudecl 0**. O efeito desse comando consiste em mudar a cor do lápis para preto e, desse modo, o corpo do moinho passou a ser construído em preto, resultando na obtenção desejada para a representação do moinho. Observa-se que, nesse momento, o sujeito lançou mão de um recurso do Logo para resolver seu problema.

Para visualizar a construção do moinho com as pás desenhadas em diferentes posições, o Sujeito B decidiu utilizar uma estratégia que lhe possibilitasse a realização de uma etapa intermediária, que consistia em construir unicamente as pás. Assim sendo, buscou construir uma série de figuras, representando em cada uma delas, as pás deslocadas 10^o à direita.

Dessa forma, para realizar seu intento, o Sujeito B realizou a construção de uma primeira figura utilizando o sub-procedimento **pás.b**. Em seguida, construiu a segunda figura da série introduzindo o comando **pd 10** antes do sub-procedimento **pás.b**. Os resultados obtidos estão ilustrados a seguir.

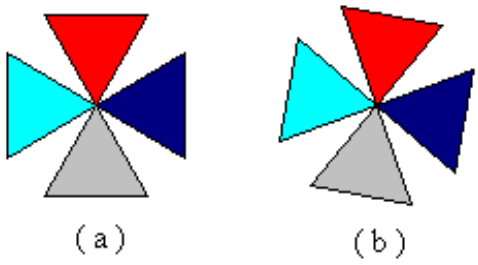


Figura 8.47- Pás construídas pelo Sujeito B
(a) pás na posição inicial
(b) pás deslocadas 10^o à direita

Analisando a figura acima, o Sujeito B concluiu que obteve sucesso na realização de seu objetivo: representação da movimentação das pás.

Nessa interação, uma vez que os sujeitos conseguiram expressar, no contexto Logo, suas estratégias para a construção de quadros seqüenciais do moinho, com as pás em diferentes disposições na tela (múltiplas de 10^o), a pesquisadora solicitou que ambos transpusessem estas estratégias e implementassem-nas nos programas computacionais que, executados no ambiente Logo, produziriam representações do moinho com as pás girando.

Os sujeitos refletiram e declararam que deveriam seqüencialmente construir as pás do moinho; fazê-las permanecer na tela por um certo tempo; apagá-las; deslocar a tartaruga 10^o à direta e, depois, repetir o processo. Essas operações deveriam ocorrer, mantendo-se a parte fixa do moinho inalterada na tela. Sugeriram que tais procedimentos poderiam ser obtidos com a utilização do comando **repita**, e propuseram que, uma vez que a tartaruga se deslocaria 10^o entre cada quadro, repetiriam o processo 36 vezes até completar 360^o e, assim, obter um giro completo das pás.

Nesse momento da interação, a pesquisadora juntamente com os sujeitos perceberam que existiam ainda dois problemas: primeiro, como manter a parte fixa do moinho na tela e apagar somente as pás e, segundo, como incrementar em 10^o o ângulo de giro das pás, dentro do comando **repita**.

Após refletirem, analisarem seus programas e trocarem idéias com a pesquisadora os sujeitos escolheram a estratégia da construção de ambas as partes do moinho: parte fixa (corpo e telhado) e pás, durante a elaboração de cada quadro da animação. Assim sendo, utilizaram o comando **tat**, que limpa toda a tela e posiciona a tartaruga no centro da área de trabalho, voltada para cima. Para acelerar o processo de construção, deixaram a tartaruga invisível na tela, utilizando o comando **desapareçatat** (ou **dt**).

Para incrementar em 10^o o ângulo de giro das pás em cada repetição dos procedimentos dentro do comando **repita**, os sujeitos identificaram a necessidade da existência de uma variável, a ser utilizada como argumento do comando **paradireita** (ou **pd**), que fosse incrementada do valor 10, cada vez que um ciclo completo fosse executado dentro do **repita**.

Como os sujeitos haviam apresentado uma estratégia correta, a pesquisadora solicitou que eles considerassem uma nova estratégia que utilizasse uma variável, por exemplo, chamada ângulo, na qual, a cada repetição, seu valor fosse redefinido pela expressão:

ângulo = (número de vezes que a repetição está ocorrendo) * 10

questionando-os se o resultado obtido seria o mesmo.

Analisando seus programas, e trocando idéias um com o outro, os sujeitos concluíram que o resultado seria o mesmo. A pesquisadora, nesse momento, explicou aos sujeitos a existência do comando **contevezes**, que retorna o número de repetições que foram efetuadas dentro de um comando **repita**, incluindo aquela que está sendo executada.

Ao utilizarem esse novo recurso na implementação de suas estratégias, os sujeitos utilizaram diferentes procedimentos.

O Sujeito A definiu o programa **mov.a** ilustrado a seguir.

```
ap mov.a
repita 36 [ tat  corpo.a  ponto  pd contevezes * 10  pás.a  final ]
fim
```

Analisando o procedimento computacional acima, observa-se que, na construção da primeira representação do moinho, as pás estão 10^o à direita da posição representada na Figura 8.45 (a). Como os comandos do **repita** são executados 36 vezes, a representação final coincidirá com a representada na Figura 8.45 (a).

Uma vez que o Sujeito A estava trabalhando em um computador mais atualizado, as representações se substituíam na tela numa seqüência considerada rápida pelo sujeito. Novamente ocorreu a intervenção da pesquisadora, explicando sobre a existência, em Logo, do comando **espere nº**, o qual provoca uma pausa (em milisegundos igual a **nº**) antes de executar o próximo comando.

Dessa forma, o Sujeito A, introduziu entre os sub-procedimentos **pás** e **final**, o comando **espere 20**.

O Sujeito B definiu o programa **mov.b** com as mesmas características do Sujeito A, acima apresentado. Ao observar que, no primeiro quadro, as pás estão 10^o à direita daquela que foi considerada como posição inicial, representada na Figura 8.45 (b), o Sujeito B alterou o comando de giro da tartaruga dentro do **repita** para **pd contevezes * 10 - 10**. Dessa forma, no primeiro quadro, as pás passaram a ser desenhadas como na Figura 8.45 (b). Uma vez que os comandos contidos no **repita** são executados 36 vezes, no quadro final as pás estarão em uma posição 10^o a esquerda da inicial. Para que o quadro final viesse a coincidir com o inicial, o sujeito alterou o número de repetições do comando **repita** de **36** para **37**. O procedimento final está representado a seguir.

```
ap mov.b
repita 37 [ tat  ul  corpo.b  pd  contevezes * 10 - 10  pás.b ]
fim
```

Convém observar nesse momento os seguintes pontos:

- Uma vez que os programas **mov.a** e **mov.b** foram desenvolvidos no ambiente do *SLogoW*, que não é uma versão "standalone"[18], esses programas são executáveis somente no *SLogoW*, o que representa uma limitação em termos de apresentação, de divulgação e de utilização dos resultados.

- Os desempenhos dos programas **mov.a** e **mov.b** estão relacionados à capacidade gráfica e de processamento dos computadores em que rodarão.

[18] Programas standalone foram explicados no Capítulo 4. Por exemplo, se o usuário faz um programa em Logo, para carregá-lo novamente, há necessidade de carregar o Logo, primeiramente, e, depois, o programa criado pelo usuário.

8.1.6.3) Construções de Video Clips

A tarefa que se impõe nesse momento, para os sujeitos deste estudo, consiste na produção de videos clips que apresentem os moinhos com suas pás girando.

Para a execução dessa tarefa, a pesquisadora explorou com os sujeitos o software *AVI Constructor*, recurso de produção de animação que realiza a montagem de quadros definidos no formato **.bmp** (bitmap), padrão de imagens em Logo e no ambiente Windows95. Nessa interação a pesquisadora solicitou aos sujeitos que cada figura construída com os programas **mov.a** e **mov.b**, passasse a constituir um quadro do vídeo clip. Como nesse ambiente o processo de captura de imagens é executado quadro-a-quadro, os sujeitos sentiram a necessidade de executar os programas **mov.a** e **mov.b** repetidas vezes, sempre sob o comando dos usuários. Dessa forma, os sujeitos construíram os programas **anima.a :ângulo** e **anima.b :ângulo**, abaixo representados.

Sujeito A

```
ap anima.a :ângulo
tat
ul
corpo.a
ponto
pd :ângulo
pás.a
final
fim
```

Sujeito B

```
ap anima.b :ângulo
tat
ul
corpo.b
pd :ângulo
pás.b
fim
```

Nos programas acima, **ângulo** representa o ângulo de giro das pás em relação às posições das pás representadas nas Figuras 8.46 (a) e (b).

Com esses programas e com recursos do *AVI Constructor*, o qual possibilita a montagem seqüencial dos quadros, os sujeitos construíram os video clips animaa e animab.

Ressalta-se que esses video clips constituem arquivos que não mais dependem do ambiente Logo para serem executados. Tais arquivos, podem ser transferidos para diferentes computadores, necessitando somente recursos de multimídia, normalmente existentes no ambiente Windows95, para serem executados. Esses video clips tornam-se pois, uma solução portátil para armazenamento e exibição dos resultados obtidos no presente projeto.

8.1.7) Comentários Conclusivos do Design do Moinho Acionado a Vento com o Logo Bidimensional

Ressalta-se nessa interação que a possibilidade de inserir o Logo em um ambiente multimídia foi necessária e importante para a plena realização dos problemas pelos sujeitos deste estudo – **Design de um Moinho Acionado a Vento**, com as pás girando.

Observa-se que, para a realização da situação-problema, os sujeitos desse estudo necessitaram proceder ajustes e reajustes em suas estratégias, lançando mão de novos comandos do Logo, para que fosse possível cumprir seu objetivo – fazer com que as pás girassem e, desse modo, conforme as próprias palavras de um dos sujeitos, tornassem seu

projeto “vivo”, isto é, um moinho acionado a vento, cujas pás giram, simulando os movimentos de um moinho real.

Nessa interação, a adaptação de conhecimentos anteriores ao contexto Logo, no qual se inseria o problema principal a ser resolvido pelos sujeitos deste estudo e a criação e a reestruturação de estratégias necessárias para alcançarem os seus objetivos, constituíram-se em uma real **heurística**, que possibilitou aos sujeitos pesquisados, um envolvimento no processo de depuração imediata e contínua, características intrínsecas do **Sistema Logo**.

8.1.8) Construção do Moinho Acionado a Vento com Logo Tridimensional

Ressalta-se que a construção do moinho acionado a vento, com Logo Tridimensional, foi desenvolvido pelo Sujeito A do Estudo de Caso.

8.1.8.1) Esboço de um Moinho Tridimensional

Nesse momento da interação, a pesquisadora solicitou ao Sujeito A que elaborasse, com lápis e papel, um esboço que representasse o moinho, por ele trabalhado, como visto no mundo real.

O sujeito apresentou o esboço abaixo ilustrado. Segundo suas palavras, “o corpo do moinho tem a forma de um cilindro, o telhado tem a forma de uma semi-esfera, e as pás estão inclinadas, como em um ventilador”.



Figura 8.48 – Esboço bidimensional de um moinho (tridimensional) acionado a vento

Analisando a figura acima, observa-se que, para representar a forma cilíndrica do corpo do moinho, o sujeito utilizou, como recurso, traços horizontais com extremidades curvas na esquerda, demonstrando visualizar a parede do corpo do moinho, que apresenta forma redonda, composta de circunferências superpostas. A forma esférica do telhado está reproduzida por traços que representam arcos de circunferência.

Observa-se ainda, nessa representação do moinho pelo sujeito, que as pás do moinho apresentam simetria central e de rotação. E o corpo do moinho apresenta simetria bilateral em

relação ao eixo, passando pelo ponto médio do telhado (semi-esfera) e das bases do corpo do moinho (cilindro).

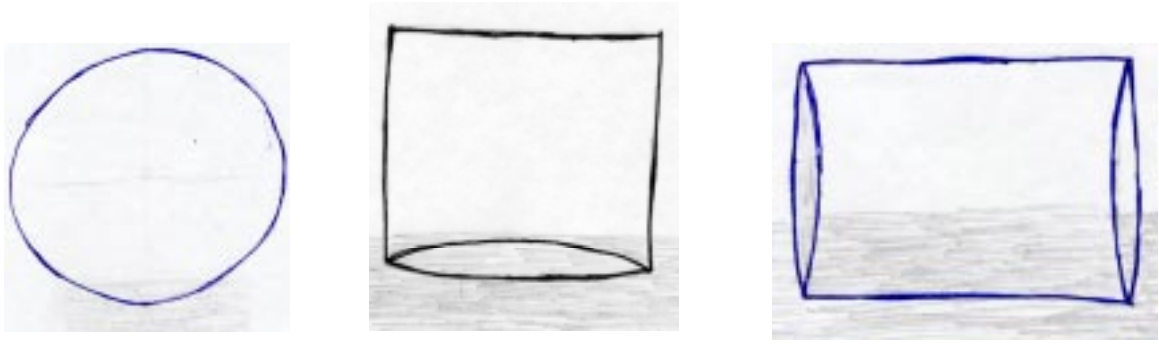
Dessa forma, o sujeito juntamente com a pesquisadora decidiu que, para a construção do "Design" do moinho, o sujeito necessitaria construir um cilindro, representando o corpo do moinho e uma semi-esfera, representando o telhado do moinho.

Sabe-se que, na literatura sobre corpos redondos, existem publicações e pesquisas que mostram as dificuldades que os alunos apresentam para representar a leitura do desenho em perspectiva e a sua própria produção representando um objeto no espaço (Pais, 1994).

Assim sendo, a pesquisadora, com o objetivo de explorar com o sujeito desse estudo a representação bidimensional de objetos de formas curvas, incitou-o a envolver-se na exploração e reflexão de alguns corpos redondos em acrílico, tais como, cilindro e esfera.

8.1.8.2) Representação Bidimensional de Corpos Redondos com Instrumentos de Desenho

A pesquisadora solicitou ao sujeito que apresentasse esboços de uma esfera e de um cilindro. O cilindro deveria ser representado em diferentes posições, isto é, com a base apoiada sobre uma superfície horizontal e com sua lateral apoiada sobre a mesma superfície. Para a realização desta tarefa, o sujeito manipulou e observou uma esfera e um cilindro, construídos com material transparente, acrílico, trabalhando sobre uma superfície plana. Os esboços realizados pelo sujeito encontram-se reproduzidos na Figura 8.49, onde estão representadas as superfícies horizontais de apoio.



(a) (b) (c)

Figura 8.49 – Representações de uma esfera e de um cilindro
(a) Esfera
(b) Cilindro com a base apoiada em uma superfície horizontal
(c) Cilindro com a lateral apoiada em uma superfície horizontal

Analisando a figura (a) acima, observa-se que o contorno aparente da esfera está representado por uma circunferência, e que, nas representações do cilindro (b) e (c) as laterais estão representadas por segmentos de retas paralelas. As representações das bases ocorreram segundo as posições nas quais o sujeito observou o cilindro. As representações acima, foram realizadas à mão-livre, ou seja, o sujeito não usou nenhum instrumento para representá-las. Na Figura 8.49 (b), a base superior está representada por um segmento de reta, o que indica que ao realizar sua observações, o sujeito manteve seu olho no nível dessa base. Na mesma figura, a base inferior está representada por uma figura plana curva, a qual ele identificou

como sendo uma elipse. Essa última forma de representação também foi utilizada na representação das bases do cilindro na Figura 8.49 (c).

Nessa interação, a pesquisadora questionou ao sujeito se ele seria capaz de obter melhores representações utilizando régua, esquadro e compasso, ao que o sujeito respondeu:

"*Na representação da esfera eu poderia construir a circunferência com maior precisão. Na representação do cilindro eu poderia construir as retas mais perfeitas. Não sei construir elipses com compasso".*

Dessa afirmação do sujeito conclui-se, portanto, que no processo de representação de corpos redondos, como por exemplo, o cilindro, a dificuldade maior consistia na representação dos contornos de suas bases.

Convém observar que elipses não são construídas com compasso. Existem réguas próprias para se traçarem elipses, na representação de corpos redondos, que oferecem boas possibilidades de uso didático no 1^{o} grau, como relatado em Pais (1994). Todavia, o sujeito desta pesquisa não havia ainda trabalhado com elipse em sua escola, tampouco com tal instrumento.

Na realidade, nas representações das figuras curvas cima, não se tratam de elipses, mas sim de circunferências desenhadas em perspectivas.

Uma vez que noções de perspectivas já haviam sido apresentadas ao sujeito, em sua escola, e que este, juntamente com o Sujeito B, deste Estudo de Caso, envolveram-se em uma pesquisa sobre este tema, com resultados apresentados no "Design" da Sala (item 8.2, a seguir), a pesquisadora explorou com o Sujeito A princípios de construção de um cilindro em perspectiva, utilizando a estratégia apresentada em Imenes et al. (1997, p.278). Tal estratégia consiste em se utilizar um bloco auxiliar circunscrito ao cilindro, que consiste em um prisma quadrangular, como apresentado na Figura 8.50 abaixo.

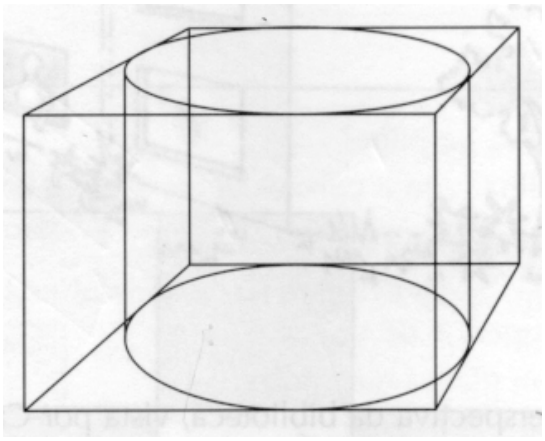


Figura 8.50 – Prisma quadrangular circunscrito a um cilindro – Construção auxiliar
Fonte – Imenes et al., 1997, p.278

Na construção da circunferência em perspectiva, utiliza-se um quadrado (quadriculado) circunscrito a ela, no qual assinalam-se os pontos de interseção da circunferência com as linhas do quadrado quadriculado, como apresentado na Figura 8.51, a

seguir. Constrói-se a perspectiva do quadriculado, como explicado no item 8.2.4.1.1.3, e à mão livre, traça-se a perspectiva da circunferência, transpondo, para o quadriculado perspectivado, os pontos de interseção da circunferência com as linhas do quadrado quadriculado.

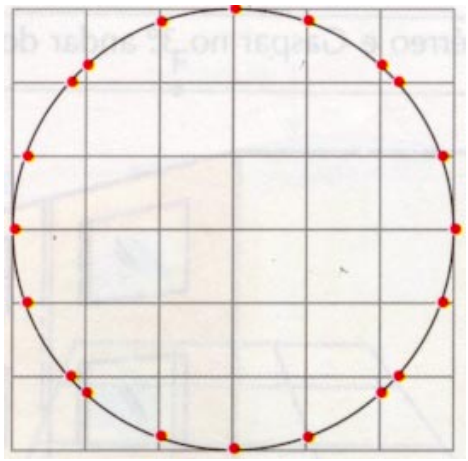


Figura 8.51 – Quadrado quadriculado circunscrito a uma circunferência
Fonte – Imenes et el., 1997, p.278

Apresenta-se abaixo a construção de uma circunferência, em perspectiva, realizada pelo Sujeito A.

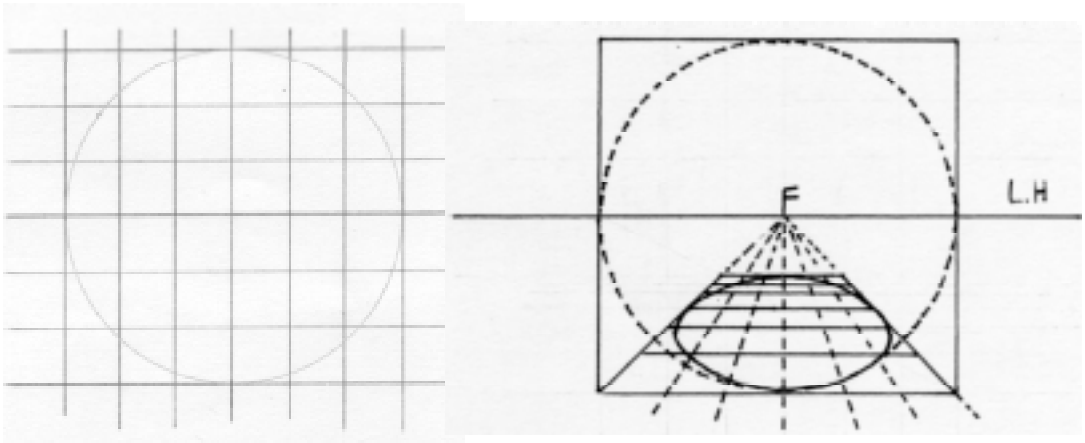


Figura 8.52 – Construção de uma circunferência, em perspectiva, pelo Sujeito A

A utilização da construção acima possibilita a representação de corpos redondos, utilizando esquadro, régua e compasso, com mais precisão. Trata-se de representações de corpos redondos, utilizando os princípios da perspectiva.

8.1.8.3) Representação Bidimensional de Corpos Redondos no Ambiente do Logo Tridimensional

Uma vez que, no ambiente do Logo Tridimensional, a perspectiva se faz presente, a tarefa de representação de corpos redondos torna-se mais simples. Entretanto, o sujeito, com o objetivo de representar as partes que compõem o moinho, necessita levar em consideração

as características matemáticas inerentes a elas, e, além disso, necessita coordená-las para integrar o todo, representado pelo moinho.

A pesquisadora, levando em conta a afirmação do sujeito, cuja dificuldade maior consistia na representação dos contornos das bases do cilindro, e, com o objetivo de explorar essa dificuldade, propôs ao sujeito que solucionasse o seguinte problema: Adaptar a estratégia utilizada para construir uma circunferência no ambiente do Logo Bidimensional, para o ambiente do Logo Tridimensional, e construir uma circunferência em um plano inclinado em relação ao plano da tela, tendo o eixo x como reta de interseção entre ambos.

Para a solução desse problema, o sujeito reviu a estratégia com a qual ele construiu a circunferência, simulando a utilização de compasso (Item 8.1.5.1.6.1.3, programa **circunferência.contínua2**, Figura 8.34 (b)), e apresentou o programa reproduzido abaixo.

```
ap circunferência.tri
repita 720 [ un ande 64.33 ul ande 1 un ande -65.33 vire -0.5]
fim
```

Ordenando que a tartaruga escapasse do plano da tela, cabeceando 45^{o} para dentro, através do comando **cabeceie 45**, antes de executar o programa **circunferência.tri**, o sujeito obteve o resultado reproduzido na Figura 8.53.

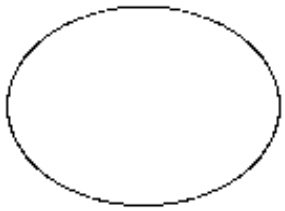


Figura 8.53 – Circunferência em perspectiva construída com Logo Tridimensional

O sujeito refletiu sobre o seu programa computacional e concluiu que a estratégia utilizada por ele traçava uma circunferência, e, ainda, analisando o resultado obtido na tela, e discutindo com a pesquisadora, concluiu que a figura representada não se tratava de uma elipse, pois não apresentava simetria bilateral em relação ao eixo x, como uma elipse, com o eixo maior coincidindo com o eixo x.

Um outro aspecto importante ocorrido nessa interação, relaciona-se com o fato de que a figura resultante representa uma circunferência com perspectiva cônica (ou central), perspectiva essa inerente ao sistema do Logo Tridimensional. Ressalta-se que, se fosse utilizada perspectiva paralela (ou isométrica ou cavaleira), a figura resultante seria uma elipse, pois as linhas de projeção seriam paralelas, e, assim sendo, haveria simetria bilateral em relação ao eixo x.

A figura acima não representa uma elipse, mas sim uma circunferência construída em um plano concorrente ao plano da tela como ilustrado na Figura 8.54. Ela se apresenta no plano da tela, como uma circunferência construída em perspectiva.

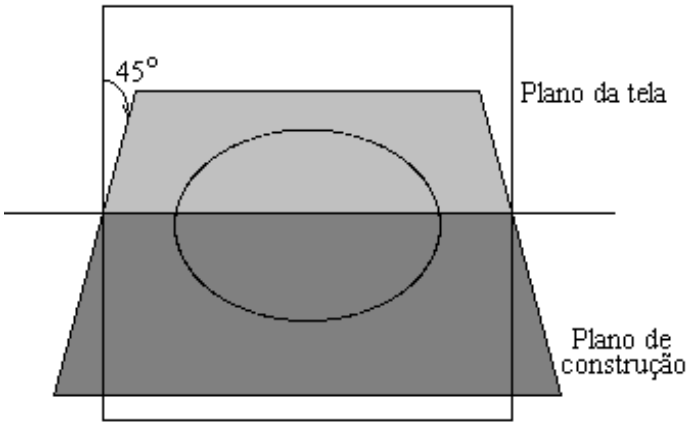


Figura 8.54 – Ilustração do plano de construção da circunferência

Analisando o programa computacional que construiu a figura acima, observa-se que seu centro coincide com o centro da tela, origem do sistema de eixos coordenados x y z, posição inicial da tartaruga. Uma vez que a tartaruga cabeceou 45^{o} antes de construir a figura, estando inicialmente direcionada para cima, a metade superior foi construída atrás da tela, e a metade inferior foi construída à frente da tela.

Considerando que o Sujeito A já possuía conhecimentos básicos do Logo Tridimensional, os quais lhe permitiam obter a representação da construção de alguns poliedros com faces planas (como por exemplo o cubo), a pesquisadora, objetivando encaminhar o problema da construção do moinho, neste ambiente computacional, solicitou ao sujeito que representasse a lateral de um cilindro e uma esfera.

8.1.8.3.1) Representação de um Cilindro com Logo Tridimensional

O sujeito já havia construído as faces laterais de um prisma quadrangular, no ambiente do Logo Tridimensional, com o programa **caixa** reproduzido abaixo.

```
ap caixa
vire -90 repita 4 [ repita 4 [ ande 100 vire 90] ande 100 cabeceie 90 ]
fim
```

É importante notar que o programa acima constrói, na tela do computador, a representação de uma caixa em forma de cubo, sem a tampa e sem o fundo, ou seja, obtém-se a representação das laterais da caixa.

Com o objetivo de realizar a tarefa solicitada, isto é, a construção da lateral de um cilindro, cujas bases são círculos, o sujeito lançou mão do seu conhecimento sobre a representação da circunferência por um polígono regular com 360 lados, apresentando simetria bilateral (Item 8.1.5.1.5.3) e transpôs a estratégia, anteriormente utilizada na construção da caixa, para seu problema atual. Assim sendo, ele apresentou o programa reproduzido abaixo, o qual constrói a lateral de um cilindro[19], com resultado representado na Figura 8.55, a seguir.

[19] Entende-se por lateral de um cilindro a parte que o envolve, sem as bases.

```
ap cilindro
vire -90 cabeceie -0.5
repita 360 [ande 1 vire 90 ande 100 ul ande -100 vire -90 cabeceie 1]
cabeceie 0.5 vire 90
fim
```



Figura 8.55 – Cilindro construído com o programa **cilindro**

Observando o resultado apresentado, identifica-se que a figura geométrica possui um segmento de reta como base inferior, laterais representadas por segmentos de retas paralelos, e base superior em forma de um arco de uma figura curva. Dessa forma, pode não ficar claro ao leitor que a figura representa a parte visível da lateral de um cilindro.

Analisando o procedimento computacional que gerou a figura acima (programa **cilindro**), conclui-se que este procedimento constrói as arestas inferiores do poliedro, com comprimentos iguais a um passo da tartaruga, usando a mesma estratégia utilizada na representação de um polígono regular com 360 lados, e, sobre esses lados, constrói retângulos de alturas com dimensões, iguais a 100 passos da tartaruga. Recorrendo ao conceito de sintonicidade corporal, fica explicito que não foram construídas as bases do cilindro. Evidencia-se, dessa forma, que a figura acima representa a lateral visível de um poliedro de 360 lados com altura igual a 100 passos da tartaruga, com o contorno de sua base inferior apoiado sobre o plano horizontal xz. Ao executar o procedimento acima, o sujeito transformou os lados do polígono em arestas da base inferior do poliedro. Nessa construção, o procedimento computacional é que define a figura na tela, e não a sua representação.

A interpretação do programa computacional **cilindro** nos mostra que, na Figura 8.55, o centro da base inferior, que se encontra representada por um segmento de reta, coincide com o centro da tela, posição inicial da tartaruga, onde está o centro do sistema de eixos ortogonais x y z. Uma vez que, como já visto no Capítulo 5, no Logo Tridimensional, o ponto de vista pelo o qual um observador vê as figuras na tela está localizado sobre o eixo z. A Figura 8.55 representa a lateral do cilindro, vista pelo observador com seu olho na altura da base inferior. Essa posição de observação é distinta daquela segundo a qual o sujeito observou o cilindro ao desenhar a Figura 8.49 (b), quando seu olho estava no nível da base superior. Este detalhe explica o porquê da base inferior do cilindro da Figura 8.55 estar representada por um segmento de reta, enquanto que na Figura 8.49 (b) a base superior é que está representada com forma semelhante. Concluindo, pode-se dizer que a posição de observação de corpos no espaço determina a forma das representações dos corpos redondos no plano.

Nesse momento da interação com o sujeito, a pesquisadora questionou-o se seria possível explicitar a posição do cilindro representado na Figura 8.55, em relação à tela. Com esse objetivo em mente, o sujeito analisou uma vez mais o programa **cilindro**, manipulou o cilindro de acrílico e respondeu que “a lateral do cilindro foi construída atrás da tela”, ou seja,

no semi-espaço atrás da tela, tangenciando o plano da tela na aresta frontal do poliedro com 360 faces. Nessas condições, o centro do polígono que representa o contorno da base inferior está sobre o eixo z.

Para ilustrar a posição de construção da lateral do cilindro, em relação à tela do computador (plano xy), o sujeito, utilizando pincel atômico, desenhou em uma cartolina dois eixos ortogonais, representando os eixos x e z do sistema de eixos coordenados x y z, e utilizando um espeto de madeira para representar o eixo y, posicionou o cilindro de acrílico, como mostra a figura abaixo.

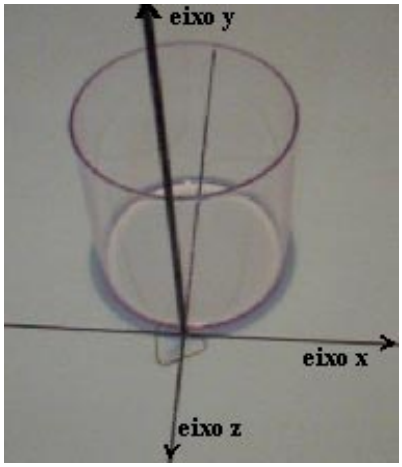


Figura 8.56 – Posicionamento da lateral do cilindro construída com o programa **cilindro**

Da observação da representação mostrada na figura acima conclui-se que, considerando o estado inicial da tartaruga no centro da tela, direcionada para cima, o sujeito soube interpretar com propriedade o programa **cilindro**. Ficou também demonstrado seu domínio sobre sintonicidade corporal.

Com o objetivo de tornar mais clara a representação da lateral do cilindro com o programa computacional **cilindro,** após manipular o cilindro de acrílico, o sujeito optou por uma nova construção em uma diferente posição. Utilizando o comando **cabeceie -55**, antes de executar o programa **cilindro**, o sujeito construiu um cilindro inclinado para fora da tela, portanto, em direção ao leitor, e apresentou o resultado, que se mostra na Figura 8.57, no qual ele ressaltou o contorno da base superior do cilindro.

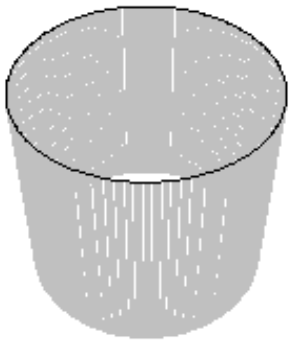


Figura 8.57 – Cilindro inclinado

Utilizando a mesma estratégia acima, e, variando o ângulo de inclinação da tartaruga (**cabeceie**), com auxílio do programa *AVI Constructor* o sujeito construiu a animação cilindro.anima, a qual reproduz de forma contínua o efeito de inclinação da lateral do cilindro, desde a posição correspondente a sua base apoiada no plano, até aquela que o representa completamente tombado, com sua lateral apoiada sobre o plano. O efeito da animação mostrou-se extremamente útil e esclarecedor quanto à forma do cilindro, e quanto ao efeito de perspectiva, pois propiciou ao sujeito um contexto favorável para que ele explorasse as diversas posições do cilindro, compreendendo, desse modo, as transformações sofridas pela figura na tela do computador, as quais representam distintas projeções cônicas do cilindro.

Analisando os resultados acima apresentados (Figuras 8.55 e 8.57), observa-se que o sujeito obteve êxito ao transpor a estratégia utilizada na construção das laterais da caixa, para a representação da lateral do cilindro. Entretanto, do ponto de vista de simetria bilateral da figura que representa a lateral do cilindro, em relação ao eixo y, o centro do contorno da base inferior deveria coincidir com o centro do sistema de eixos coordenados x y z. Objetivando explorar esta condição, durante a construção do corpo do moinho, a pesquisadora questionou ao sujeito se seria possível fazer com que o centro do polígono que representa a base inferior do contorno do cilindro, construído no plano xz, coincidisse com o centro do sistema de eixos coordenados x y z. Para responder a este questionamento, o sujeito recorreu à cartolina, ao espeto de madeira e ao cilindro de acrílico, utilizados na construção da Figura 8.56, e, refletindo, concluiu que deveria deslocar o cilindro, sobre o eixo z, a uma distância igual ao raio da base. Para ilustrar esta situação, o sujeito procedeu ao deslocamento, como se mostra na Figura 8.58 apresentada a seguir.

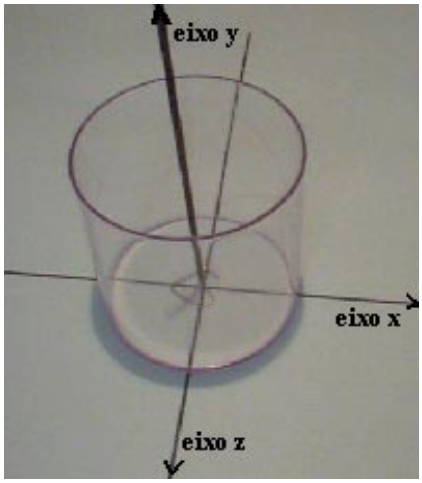


Figura 8.58 – Posicionamento do cilindro com o centro da base coincidindo com o centro do sistema de eixos coordenados x y z

8.1.8.3.2) Representação da Esfera com Logo Tridimensional

Com o objetivo de envolver o sujeito em um contexto propício para que ele compreendesse as características relacionadas com a construção da esfera, a pesquisadora discutiu com o sujeito sobre conceitos e propriedades matemáticas que possibilitassem a construção da esfera no Logo Tridimensional. Assim sendo, o sujeito manipulou a esfera de acrílico e percorreu, com a palma de sua mão direita, a circunferência resultante da junção das duas semi-esferas, como ilustrado na Figura 8.59.



Figura 8.59 – Sujeito descrevendo a circunferência
visível na esfera com sua mão direita

Refletindo sobre os movimentos realizados na esfera de acrílico, o sujeito concluiu que ao completar a circunferência resultante, ele havia percorrido uma faixa resultante da junção de duas semi-esferas. Dessa forma, com o objetivo de elucidar suas intenções, o sujeito, com um pincel atômico, desenhou sobre a esfera circunferências que se intersectavam em dois pontos comuns, como ilustrado na Figura 8.60 apresentada a seguir, e comentou: "Se eu percorrer a esfera com circunferências como essas, bem próximas, eu percorrerei toda a superfície da esfera."

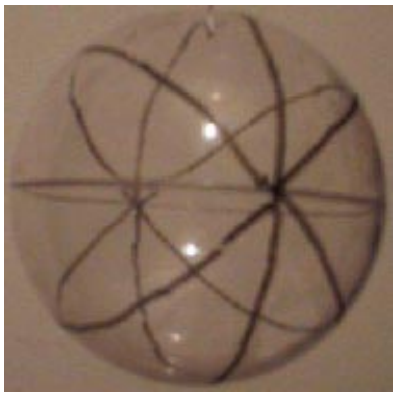


Figura 8.60 – Esfera com circunferências nela desenhadas

A pesquisadora questionou ao sujeito se as circunferências desenhadas apresentavam alguma propriedade em comum. Nesse momento, o sujeito levantou uma conjectura que pressupunha que as circunferências possuíssem o mesmo comprimento. A pesquisadora solicitou que ele observasse a esfera de acrílico e que buscasse outras características comuns nas circunferências desenhadas. Manipulando a esfera de acrílico, o sujeito concluiu que as circunferências se cortavam em dois pontos opostos, em outras palavras, as circunferências possuíam os mesmos diâmetros.

Observa-se das deduções do sujeito que a circunferência resultante da junção das duas semi-esferas, pode ser considerada como a geratriz da circunferência, ou seja, ao girar a circunferência em torno de um de seus diâmetros, é possível gerar a esfera no espaço. Essa dedução está muito próxima da definição de esfera, encontrada na literatura, qual seja, *esfera é o sólido gerado pela rotação completa de um semicírculo em torno de seu diâmetro.*

Nesse momento da interação, o objetivo do sujeito consistia na construção da esfera no ambiente tridimensional. Para tanto, o sujeito transpôs as constatações acima para o ambiente do Logo Tridimensional, e elaborou o procedimento computacional **esfera**, abaixo reproduzido.

```
ap esfera
vire 0.5
repita 180 [cabeceie 0.5 repita 360 [ande 1 cabeceie 1] cabeceie -0.5 vire 1]
vire -0.5
fim
```

O resultado obtido está representado na Figura 8.61 a seguir.



Figura 8.61 – Esfera construída com o programa esfera

Analisando o programa computacional **esfera**, o sujeito percebeu que a esfera construída localiza-se no semi-espaço atrás da tela, com o seu centro sobre o eixo z. Uma vez que, no **Design** do moinho tridimensional, o conceito de simetria se faz presente, a solução apresentada pelo sujeito não é adequada para utilização da tarefa, uma vez que o programa **esfera** não leva em consideração a condição de simetria. Assim sendo, o sujeito discutiu com a pesquisadora esse conflito, manipulou a esfera de acrílico e, com o auxílio de três segmentos de retas construídos com material concreto (espetos de madeira), visualizou as possíveis localizações da esfera no espaço.

O sujeito refletiu e associou o problema atual com o problema que havia ocorrido durante a construção da lateral do cilindro, qual seja: O centro do polígono que representa sua base inferior deveria estar localizado no centro do sistema de eixos coordenados x y z. Dessa forma, o sujeito concluiu que deveria deslocar a posição inicial da tartaruga, sobre o eixo z, a uma distância correspondente ao raio da esfera, da mesma forma pela qual ele a havia deslocado na construção do cilindro. Procedendo dessa forma, o centro da esfera coincide com o centro do sistema de eixos coordenados x y z.

Nesse processo, o sujeito, considerando que a circunferência a ser utilizada para gerar a esfera, possui comprimento igual a 360 passos da tartaruga (360 vezes o deslocamento unitário), e recorrendo à relação matemática entre o comprimento e o raio de uma circunferência (Item 8.1.5.1.2), determinou que o raio da circunferência tem como comprimento o valor $360 / 2\pi = 57{,}3$ passos da tartaruga.

Dessa forma, antes de executar o programa **esfera**, o sujeito deslocou a tartaruga sobre o eixo z, da posição inicial a uma distância igual a 57,3 passos, através do seguinte procedimento **un cabeceie -90 ande 57,3 cabeceie 90**. O resultado obtido encontra-se representado na Figura 8.62.



Figura 8.62 – Esfera com centro na origem do sistema de eixos ortogonais x y z

Analisando a figura 8.62 acima, observa-se que a interpretação pode não levar à conclusão de construção de uma esfera. Porém, recorrendo-se ao programa computacional **esfera**, conclui-se que foram construídas 180 circunferências, em planos perpendiculares à tela, cada uma deslocada de 1^o entre si. Dessa forma, o resultado visível que se obtém na tela são segmentos de retas desenhados como se fossem diâmetros de círculos construídos perpendiculares à tela, com centros no ponto correspondente ao centro da esfera, como mostrado na figura a seguir.

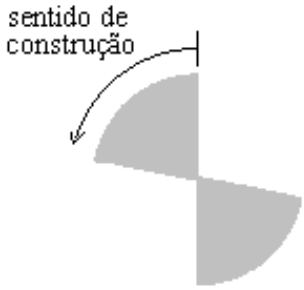


Figura 8.63 – Fase intermediária da representação da construção da esfera

Uma vez que na construção da esfera o sujeito utilizou como estratégia a construção de 180 circunferências deslocadas de 1^o, a pesquisadora questionou a razão desse procedimento. Refletindo, o sujeito respondeu: "*Para percorrer a esfera com minha mão necessito de somente 180 voltas. Na ida percorro a parte de cima e na volta percorro a parte de baixo*". Observa-se nessas palavras que o raciocínio do sujeito está absolutamente correto, pois ele está gerando a esfera com a rotação de uma circunferência. Inerente a essas palavras percebe-se que o sujeito demonstra ter compreendido os conceitos matemáticos inerentes a essa construção, e o conceito de sintonicidade corporal.

Com o objetivo de tornar mais evidente a representação da construção da esfera com o programa **esfera**, o sujeito concluiu que, devido às suas particularidades, se construísse uma outra esfera em uma diferente posição, obteria a mesma visualização. Assim sendo, o sujeito envolveu-se em uma busca por estratégias que tornassem a representação de uma esfera na tela do computador, em uma interpretação mais simples para o leitor.

Com esse objetivo, o sujeito lançou mão de uma estratégia com a qual ele construía uma laranja com a parte externa de seus gomos visíveis ao observador. Porém, como os gomos de uma laranja são da mesma cor, esta estratégia poderia não resolver o problema da visualização. Assim sendo, o sujeito recorreu a uma nova estratégia, na qual a construção de uma esfera seria representada por uma bola de basquete, com gomos coloridos, como ilustrado na Figura 8.64 apresentada a seguir.



Figura 8.64 – Bola de basquete em forma de gomos coloridos

Para representar a bola apresentada na figura acima, o sujeito decidiu que, para tornar essa representação mais simples do leitor visualizar, iria reproduzi-la no ambiente do Logo Tridimensional, levando em consideração o ponto de vista a partir do qual ocorreu o registro fotográfico, e que representaria, além da bola, o plano horizontal de apoio e a sombra da bola projetada sobre esse plano, nas cores apresentadas na Figura 8.64. Além desses detalhes, para a elaboração do programa computacional, o sujeito decidiu que a bola teria raio igual a 57,3 passos da tartaruga, reproduzindo, dessa forma, as dimensões da esfera representada na Figura 8.62, na qual o comprimento das circunferências é igual a 360 passos.

Nessa interação, discutindo com a pesquisadora sobre seu procedimento, o sujeito resolveu representar o plano horizontal abaixo do eixo x, uma vez que a fotografia foi registrada a partir de um nível acima do plano de apoio da bola. Assim sendo, após algumas tentativas para posicionar a tartaruga em um dos vértices de uma figura quadrangular que representaria o plano, o sujeito apresentou o procedimento computacional reproduzido a seguir:

```
ap plano
un mudepos3d [100 -150 150] ul
cabeceie 90 mudecl 7
mudepos3d [100 -150 -150]
mudepos3d [-100 -150 -150]
mudepos3d [-100 -150 150]
medepos3d [100 -150 150]
un mudepos3d [0 -150 0]
```

```
mudecp 6 pinte3d
fim
```

Uma vez que a bola (esfera) seria construída com seu centro sobre o eixo y, o sujeito representou a sombra por um polígono regular com 360 lados (círculo com raio igual ao raio da bola), com centro sobre esse eixo, y. Em seu estado final, ao executar o procedimento **plano**, a tartaruga encontrava-se sobre o eixo y, direcionada em um plano perpendicular, atrás da tela. O raio da circunferência (comprimento igual a 360 passos da tartaruga) é igual a 57,3 passos (comprimento do raio determinado para construir a esfera representada na Figura 8.62). Após reflexões e ajustes em sua estratégia, o sujeito apresentou o procedimento **sombra**, abaixo reproduzido.

```
ap sombra
un ande -57.3 vire -90 mudecl 0 ul
vire 0.5 repita 360 [ande 1 vire 1] vire -0.5
un vire 90 ande 15 mudecp 0 pinte3d ande -15 vire -90 ul
fim
```

Com o objetivo de posicionar a tartaruga para construir a bola, o sujeito dialogou com a pesquisadora, e concluiu que o centro da bola estaria acima do plano de apoio a uma distância igual ao raio da bola, ou seja 57,3 passos da tartaruga, sobre o eixo y. Utilizando essa conclusão, o sujeito determinou que o estado inicial da tartaruga, para começar a construir a bola, estaria tangenciando um dos pontos da bola a uma distância de 57,3 passos em relação ao centro da bola.

Dessa forma, examinando a Figura 8.63, o sujeito decidiu localizar o ponto de convergência dos gomos da bola, no lado direito da tela.

Com o objetivo de definir o direcionamento da tartaruga, o sujeito considerou que reproduziria a estratégia utilizada na construção da esfera, representada na Figura 8.56, com alguns ajustes. Inicialmente ele considerou que uma vez que a sua construção da bola começaria do lado direito, ele deveria iniciar tal construção, rolando a tartaruga em 90^{o}, no sentido horário. Assim sendo, a direção da tartaruga seria para cima. Um outro ajuste do sujeito consistiu em construir a bola com gomos de cores diferentes, cada gomo correspondendo a um arco de esfera de 30^{o}.

Nesse processo, o sujeito obteve êxito ao introduzir os ajustes planejados no programa da esfera. Um obstáculo que surgiu relacionou-se com o processo de pintura dos gomos. Pelo procedimento computacional criado pelo sujeito, quando a tartaruga desenhava um gomo na parte frontal da tela, ela também desenhava o gomo que estava atrás da tela. Esse fato criou conflito pois ao desenhar o quarto gomo, o gomo de trás (em processo de construção) sobrepunha a parte anterior do primeiro gomo, alterando a cor original. Assim sendo, ao completar os gomos uma metade da bola construída representava a parte frontal (visível) da bola, e a outra representava a parte posterior da bola (que não deveria ser visível). Dessa forma, tendo dialogado com a pesquisadora, o sujeito concluiu que para representar a bola na tela, haveria necessidade de se criar uma estratégia que desenhasse circunferências, nas quais seriam visíveis somente as partes frontais, não sendo desenhadas as partes posteriores.

Essa estratégia corresponde a construir no ambiente Logo duas semicircunferências. Uma com a tartaruga, usando lápis (quando a tartaruga deixa seu rastro ao se deslocar na

tela), outra com a tartaruga, não usando lápis (quando a tartaruga se desloca na tela sem deixar rastro). Após realizar os ajustes necessários, o sujeito apresentou os procedimentos abaixo reproduzidos para a construção da bola.

```
ap semicircunferência
cabeceie 0.5 repita 180 [ande 1 cabeceie 1]
un repita 180 [ande 1 cabeceie 1] ul cabeceie -0.5
fim

ap bola
un mudepos3d [57.3 -92.7 0] vire 90 role 90 vire 90 ul
repita 2 [mudecl 1 repita 30 [semicircunferência vire 1] ~
          mudecl 15 repita 30 [semicircunferência vire 1] ~
          mudecl 4 repita 30 [semicircunferência vire 1]
fim
```

Com o programa computacional **bola.tri** apresentado a seguir, o sujeito construiu a bola representada na Figura 8.64a.

```
ap bola.tri
plano
sombra
bola
fim
```



Figura 8.64a – Bola construída com Logo Tridimensional

Observando-se a figura acima pode-se visualizar a construção da bola no ambiente do Logo Tridimensional. A transposição do resultado obtido pode levar o leitor a visualizar a esfera representada na Figura 8.62.

Para dar vida à bola construída, o sujeito decidiu criar uma animação, utilizando para essa finalidade o programa *AVI Constructor*. Dessa forma, foi apresentada a animação bola.anima.

Enfatiza-se que esse problema da construção da bola foi introduzido, nessa interação, com o objetivo de propiciar ao sujeito um outro contexto para que ele compreendesse a construção da esfera. Em outras palavras, o sujeito deslocou-se do problema principal – construção da esfera, para visualizar melhor os possíveis movimentos da tartaruga que seriam necessários na construção da bola.

8.1.8.4) Construção do Corpo do Moinho com Logo Tridimensional

Nesse momento da interação, tendo construído o cilindro e a esfera, o objetivo atual do sujeito consistia na coordenação e adaptação das estratégias utilizadas nas construções dos corpos acima, para a construção do corpo do moinho.

Com essa finalidade, a pesquisadora solicitou ao sujeito que procurasse construir o corpo do moinho, no Logo Tridimensional, mantendo as mesmas dimensões de sua construção no ambiente bidimensional (altura e largura) e além disso, como o Design do moinho previa simetria bilateral do corpo, a pesquisadora sugeriu ao sujeito que respeitasse essa propriedade em sua construção.

Assim sendo, o Sujeito A reviu essas dimensões (altura igual a 150 passos, largura igual a 100 passos – Item 8.1.5) e considerou que, para que houvesse simetria em sua construção, seria necessário a criação de uma estratégia na qual o centro da base do cilindro coincidisse com o centro do sistema de eixos coordenados x y z.

Com esses objetivos em mente, revendo as suas estratégias anteriormente utilizadas no contexto bidimensional, para a construção do "Design" do moinho, e, ainda, reavaliando as estratégias utilizadas na construção do cilindro e da esfera, o sujeito reestruturou e adaptou seus procedimentos anteriores ao novo contexto, o qual exigia a representação tridimensional das partes do moinho, coordenadas entre si. Assim sendo, percorrendo seus objetivos, o sujeito elaborou os procedimentos computacionais que seguem.

```
ap corpo
un cabeceie -90 ande 50 cabeceie 90 ul
vire -90 cabeceie 0.5
repita 360 [ande 0.872 vire 90 ande 150 ul ande -150 vire -90 cabeceie 1]
cabeceie -0.5 vire 90
fim
```

Com o procedimento **mudecl 10 corpo** o sujeito obteve o resultado mostrado na Figura 8.65.

Analisando o procedimento computacional **corpo** e a Figura 8.65 abaixo, observa-se que o sujeito concluiu com êxito a representação do corpo do moinho. O próximo objetivo a ser atingido consistia em construir o telhado.

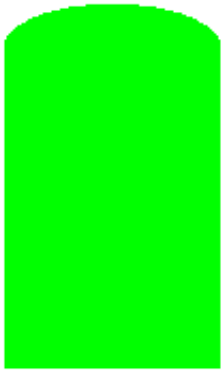


Figura 8.65 – Corpo do moinho

8.1.8.5) Construção do Telhado sobre o Corpo do Moinho

Nesse momento da interação, o objetivo do sujeito consistia em construir o telhado do moinho integrado ao corpo. Para tanto, o sujeito refletiu sobre as estratégias utilizadas durante a construção da esfera (Figura 8.61), e também relacionou-as com a construção da bola (Figura 8.64). Assim sendo, considerando que a tartaruga, em seu estado final da construção do corpo, encontrava-se no plano paralelo, à frente do plano da tela, afastada desta uma distância igual ao raio da base inferior, posicionada sobre o eixo z (ponto médio), direcionada para cima, o sujeito deslocou-a para a extremidade superior do cilindro, no lado direito (no plano xy), através do procedimento **desloca.telhado** apresentado abaixo. Com a tartaruga nessa posição, o sujeito construiu o telhado, em forma de semi-esfera, através do procedimento computacional **telhado** apresentado a seguir.

```
ap desloca.telhado
un ande 150 vire -90 cabeceie 0.5
repita 90 [ande 0.872 cabeceie 1] cabeceie -0.5 ul
fim

ap telhado
repita 180 [semicirc vire -1]
fim

ap semicirc
cabeceie 0.5 un repita 180 [ande 0.872 cabeceie 1]
ul repita 180 [ande 0.872 cabeceie 1] cabeceie -0.5
fim
```

Nesse momento, o sujeito ordenou que a tartaruga construísse o telhado sobre o corpo do moinho apresentado na Figura 8.65. Para destacá-lo o sujeito utilizou uma cor diferente daquela empregada na construção do corpo. Dessa forma, o procedimento utilizado para a construção da parte estática do moinho foi o ilustrado a seguir.

```
mudecl 10 corpo
un desloca.telhado ul
mudecl 8 telhado
```

O resultado obtido encontra-se apresentado na figura abaixo.

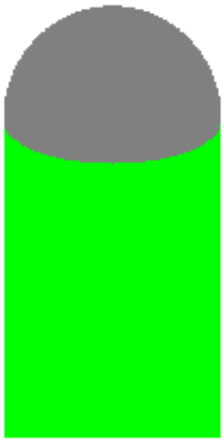


Figura 8.66 – Tentativa de construção da parte fixa do moinho
com os programas **corpo** e **telhado**

Analisando a Figura 8.66, o sujeito observou que o telhado do moinho não se apresentava como o esperado, pois, após sua construção, o contorno da forma do corpo se alterou, não mais coincidindo com o contorno da forma assumida na Figura 8.65, ou seja, o resultado final deveria conservar a forma do contorno da Figura 8.65, acrescido do telhado, porém mantendo a mesma altura do moinho.

Buscando explicar o ocorrido, o sujeito analisou os procedimentos por ele utilizado, e, recorrendo ao cilindro e à esfera em acrílico, realizou uma montagem com a esfera sobre o cilindro. O contorno obtido da coordenação dos dois sólidos reproduzia a forma esperada para a parte fixa do moinho, como ilustrado na figura apresentada a seguir.



Figura 8.67 – Montagem do cilindro com a esfera

Manipulando a montagem em acrílico, e observando suas características, o sujeito percebeu que o seu procedimento computacional, relacionado à Figura 8.66, construía a

representação do moinho da mesma forma com que ele via no material de acrílico. Assim sendo, percebeu que havia construído uma esfera e não uma semi-esfera, como deveria ser o telhado do moinho.

Constatado o fato acima, o sujeito recorreu aos procedimentos utilizados na construção do telhado, e, analisando-os, descobriu a fonte do erro, qual seja, a Figura 8.66 apresentava parte do telhado que normalmente não seria visível em uma construção real (parte posterior do telhado).

Nesse processo o sujeito chegou a uma importante conclusão, qual seja, a construção de uma esfera, ao invés da construção de uma semi-esfera. Em outras palavras, ele reproduziu a montagem das peças em acrílico (Figura 8.67), com a esfera sobre a lateral do cilindro, onde estava visível a metade superior e oculta a metade inferior (comando **usenada**), não atendendo, dessa forma, seu objetivo que consistia em construir o telhado em forma de semi-esfera.

Na realidade, no "Design" do moinho, a parte visível do telhado pode ser representada por, no máximo, um quarto de uma esfera. Como, na realização do seu projeto, o sujeito criou uma estratégia que representava uma esfera na qual a parte de baixo não era visível, portanto uma semi-esfera, a tartaruga sobrepôs a parte posterior à parte anterior, ocorrendo dessa forma, um erro, pois de nada adiantaria construir uma semi-esfera, pois haveria sobreposição das partes na tela, como já mencionado. Assim sendo, o sujeito reviu o procedimento que constrói o telhado, apresentando um novo procedimento ilustrado abaixo, no qual a tartaruga desenha na tela somente a parte frontal da semi-esfera, construindo a parte posterior de forma invisível (comando **usenada**).

```
ap telhado.novo
repita 90 [semicirc.nova1 vire -1]
repita 90 [semicirc.nova2 vire -1]
fim

ap semicirc.nova1
cabeceie 0.5
ul repita 180 [ande 0.872 cabeceie 1]
un repita 180 [cabeceie -1 ande -0.872]
cabeceie -0.5
fim

ap semicirc.nova2
cabeceie 0.5
un repita 180 [ande 0.872 cabeceie 1]
repita 180 [cabeceie -1 ande -0.872]
cabeceie -0.5 ul
fim
```

A substituição de **telhado** por **telhado.novo**, no procedimento que constrói a parte estática do moinho, resultou na figura ilustrada abaixo.

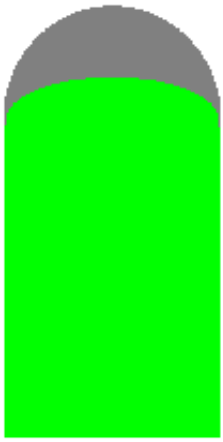


Figura 8.68 – Construção da parte fixa do moinho com
os programas **corpo** e **telhado.novo**

Analisando os procedimentos computacionais que construíram a Figura 8.68, observa-se que, acima da lateral do cilindro, foi construído o telhado em forma de semi-esfera. A parte da frente do telhado foi construída com a tartaruga deixando registrado seu rastro na tela, enquanto que a parte posterior com a tartaruga não deixando seu rastro registrado na tela.

Do ponto de vista de sintonicidade corporal, ao descrever a parte da frente da semi-esfera com a palma de sua mão, o sujeito a manteve em contato com a superfície da esfera de acrílico, enquanto que, ao descrever a metade posterior da semi-esfera de acrílico, o sujeito manteve a sua mão próxima, porém, não em contato com a superfície da esfera.

A estratégia introduzida pelo procedimento **telhado.novo** constrói uma verdadeira semi-esfera, e, portanto, constitui-se no procedimento correto para ser utilizado na presente tarefa – construção do telhado.

Ressalta-se que o conflito acima ficou evidenciado na Figura 8.66, pela decisão do sujeito em representar o telhado do moinho com cor distinta da utilizada na construção do corpo, pois se tivesse utilizado a mesma cor, como a tartaruga iria sobrepor parte do desenho realizado, esse conflito não seria evidenciado.

8.1.8.6) Construção das Pás do Moinho

Para construir as pás do moinho, no ambiente do Logo Tridimensional, o sujeito considerou as estratégias utilizadas na construção das pás no ambiente do Logo Bidimensional, durante o "Design" do moinho bidimensional (Item 8.1.5.2.), bem como as dimensões utilizadas naquele momento. Ele levou em consideração o fato de que, no moinho real, as pás giram pela força exercida pelo vento frontal. Para que isso ocorra, em um moinho real, as pás devem estar em planos diferentes com um ponto em comum, sobre o eixo que gira.

Nessa interação, o sujeito, analisando as características acima, e, além disso, explorando as disposições das pás em um ventilador, levou em consideração estas particularidades e montou o programa computacional mostrado abaixo.

```
ap pás
a4 vire -90
a5 vire -90
a6 vire -90
a7 vire -90
fim

ap a4
role -30 mudecl 4 a
un ande 15 mudecp 4 pinte3d ande -15 role 30 ul
fim

ap a5
role -30 mudecl 5 a
un ande 15 mudecp 5 pinte3d ande -15 role 30 ul
fim

ap a6
role -30 mudecl 6 a
un ande 15 mudecp 6 pinte3d ande -15 role 30 ul
fim

ap a7
role -30 mudecl 7 a
un ande 15 mudecp 7 pinte3d ande -15 role 30 ul
fim

ap a
vire 30
repita 3 [ande 80 vire -120]
vire -30
fim
```

Com o programa **pás** o sujeito obteve o resultado mostrado na Figura 8.69.

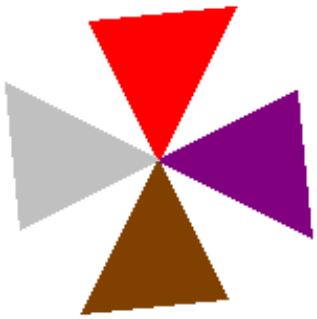


Figura 8.69 – Pás construídas com o programa **pás**

Observando a figura acima, verifica-se que os triângulos resultantes não apresentam forma equilátera., apesar do sujeito levar em conta os conceitos de triângulos equiláteros na elaboração de sua estratégia utilizada na composição dos procedimentos que geraram os

triângulos. O sujeito, acertadamente justificou esta discrepância pelo fato dos referidos triângulos terem sido construídos fora do plano da tela, pela ação do comando **role -30**. A forma dos triângulos desenhados na tela é decorrente da transformação resultante da rotação no espaço. Observa-se também, que o sistema de pás apresenta simetria central, condição estabelecida anteriormente.

Analisando o programa **pás**, verifica-se que a primeira pá construída foi a superior, seguindo as demais no sentido horário. Observa-se também que o centro do sistema de pás representado na Figura 8.69 está localizado no plano da tela.

8.1.8.7) Integração das Partes do Moinho

Tendo construído as partes do moinho, o sujeito, com o objetivo de integrá-las para finalizar o "Design" do moinho, a tarefa que se impunha, no momento, consistia em coordenar o sistema de pás com a parte estática (corpo e telhado). Para tanto, adaptou a estratégia empregada durante o "Design" do moinho no ambiente bidimensional e valorizou uma estratégia em que determinava que o eixo móvel do moinho coincidisse com o centro do telhado em forma de semi-esfera.

Dessa forma, o sujeito criou o procedimento computacional abaixo apresentado, o qual posiciona a tartaruga sobre o contorno da base superior e constrói o eixo móvel.

```
ap eixo
un centralize3d
cabeceie -90 ande 50 cabeceie 90 ande 150 cabeceie -90
mudeel [3 3] ul ande 50 mudeel [1 1] cabeceie 90
fim
```

Em seguida o sujeito elaborou o programa **moinho.tri**, o qual coordena e integra as diversas partes anteriormente construídas.

```
ap moinho.tri
invisível
mudecl 10
corpo
desloca.telhado vire 180
mudecl 8
telhado.novo
eixo
pás
fim
```

O resultado obtido encontra-se representado na Figura 8.70.

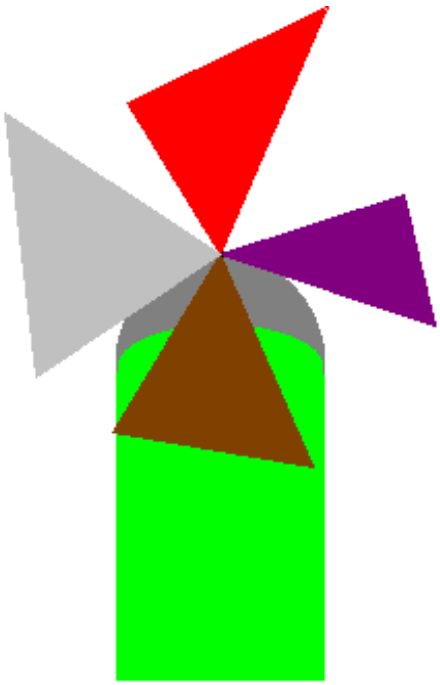


Figura 8.70 – Moinho construído com o programa **moinho.tri**

O sujeito, tendo observado a Figura 8.70, comentou que havia posicionado o eixo do sistema de pás sobre o contorno da base superior da lateral do cilindro, onde deveria estar o centro do sistema de pás, porém, na figura acima, o centro do sistema de pás estava na extremidade superior do telhado.

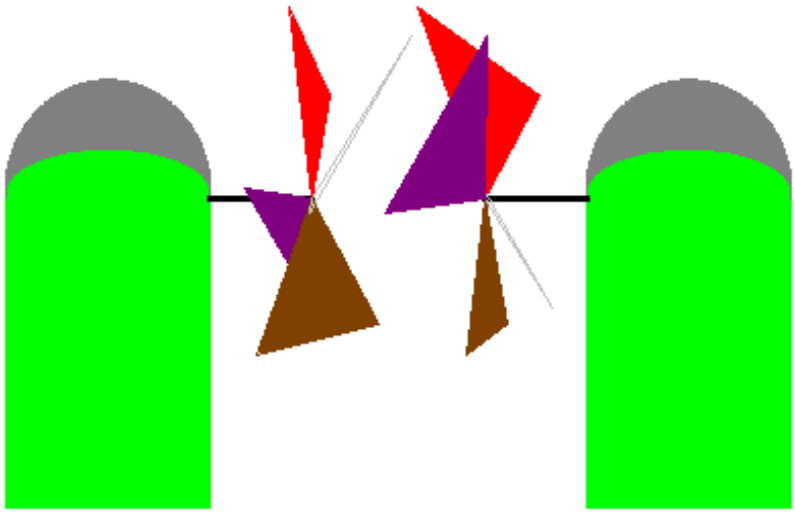
A análise do procedimento **eixo** confirma o esse posicionamento, como mencionado pelo sujeito.

Com o objetivo de proporcionar um contexto favorável ao sujeito para que ele entendesse o significado do posicionamento do sistema de pás, como apresentado na Figura 8.70, a pesquisadora solicitou que ele representasse o moinho visto pelas suas laterais, ou seja, que a sujeito representasse as vistas laterais do moinho, na linguagem utilizada em geometria, na representação de objetos espaciais[20].

Para atender à solicitação da pesquisadora, o sujeito, antes de executar o programa **moinho.tri**, ordenou à tartaruga que rolasse sobre seu lado direito, através do comando **role 90**. Com esse procedimento, o sujeito construiu a vista lateral esquerda do moinho. O resultado obtido encontra-se apresentado na Figura 8.71 (a). Para representar a vista lateral direita, o sujeito ordenou à tartaruga que rolasse 90^{o} sobre seu lado esquerdo, utilizando o comando **role -90**, antes de executar o programa **moinho.tri**. O resultado obtido encontra-se apresentado na Figura 8.71 (b). É importante notar que, para evitar problema na representação das pás na tela, ao construir a vista lateral direita, o sujeito construiu as pás no sentido anti-horário, portanto no sentido oposto ao utilizado para construir as pás, durante a representação da vista lateral esquerda.

---

[20] *Vista* é a imagem que se tem de um determinado objeto. A *vista frontal* é a que se tem quando se olha de frente para o objeto. A *vista lateral* direita é a que se tem, quando se olha o objeto a partir de seu lado direito. A *vista superior* é a que se tem quando se observa o objeto estando acima dele. (Imenes et al., 1997, p.348)



(a) (b)

Figura 8.71 – Vistas laterais do moinho
(a) Vista lateral esquerda
(b) Vista lateral direita

Observando as vistas apresentadas na Figura 8.71, o sujeito concluiu que se confirmava o posicionamento previsto para o eixo do moinho. Na realidade, o deslocamento observado no posicionamento do centro do sistema de pás, na Figura 8.70, é resultado da projeção central, ou perspectiva cônica, inerente ao sistema do Logo Tridimensional.

Comparando as partes estáticas do moinho (corpo e telhado) apresentadas nas Figuras 8.71 (a) e (b), que representam as vistas laterais esquerda e direita do moinho, com a parte estática do moinho apresentada na Figura 8.70, que representa a vista frontal do moinho, o sujeito concluiu que elas são idênticas. Esta propriedade é decorrente de o fato do corpo do moinho ter forma cilíndrica, e de o telhado ter a forma de uma semi-esfera. O cilindro e a semi-esfera apresentam simetria bilateral em relação ao eixo y do sistema de eixos coordenados x y z, quando os centros de suas bases estiverem sobre esse eixo. Nessas condições, seus contornos apresentam a mesma forma, independente do ângulo de observação no plano xz, em outras palavras, quando se rola o cilindro em torno do eixo, passando pelo centros de suas bases, obtém-se a mesma forma na tela. Do mesmo modo, com a esfera, quando se rola a esfera, em torno de um de seus diâmetros[21], obtém-se a mesma forma na tela.

8.1.8.8) Construção das Pás em Movimento

Com o objetivo de tornar o seu projeto "vivo", o sujeito trabalhou no *AVI – Constructor*, da mesma maneira com que havia trabalhado no moinho bidimensional, para produzir animação nas pás. Assim sendo, construiu video clips.

Nessa construção, o sujeito utilizou o programa **moinho.tri**, girando as pás em um ângulo fixo (2 graus), para a representação de cada quadro que compõe o video clip moinhotri.anima.

[21] Entende-se por diâmetro da esfera o segmento de reta que une dois de seus pontos, passando pelo centro.

8.1.8.9) Observações Conclusivas

Enfatiza-se que a possibilidade de inserir o Logo Tridimensional em um ambiente multimídia, foi necessária e importante para a plena realização dos problemas, pelos sujeitos desse estudo – "Design" de um moinho acionado a vento com as pás girando.

Nesta interação, no "Design" do moinho no Logo Tridimensional, analisando-se os procedimentos do sujeito pesquisado, no processo de composição dos sólidos (cilindro - corpo do moinho e semi-esfera - telhado do moinho) e no processo de integração do todo representado pelo moinho, constata-se um processo de ajustes constante de suas estratégias, com vistas a alcançar seu objetivo – construção do moinho no ambiente tridimensional. Nesse processo, a adaptação de conhecimentos anteriores, advindos do contexto bidimensional ao ambiente da tartaruga tridimensional, exigiu do sujeito pesquisado raciocínios cada vez mais complexos e elaborados, em outras palavras, exigiu do sujeito uma reconstrução dos conhecimentos anteriores, adaptando-os ao novo contexto tridimensional.

Nessa interação vários conceitos matemáticos foram trabalhados pelo sujeito pesquisado, quais sejam: simetria, polígonos, poliedros, coordenação de polígonos, coordenação de poliedros, entre outros.

Constata-se desse modo que situações de resolução de problemas, concebidas como atividades de "Design", como as trabalhadas neste Estudo de Caso, consistiram-se em verdadeiros ambientes de aprendizagem, pois os sujeitos pesquisados não somente adaptaram os seus conhecimentos anteriores advindos de outros contextos, mas, acima de tudo, nos diferentes momentos dessa interação reavaliaram e reconstruíram suas estratégias com vistas a reformularem seus procedimentos computacionais para que pudessem solucionar os desafios propostos.

Assim sendo, no decorrer deste Estudo de Caso, evidenciou-se algumas das possibilidades didático-cognitivas do Logo Tridimensional na exploração pedagógica dos conceitos geométricos trabalhados. Em outras palavras, foi possível resgatar essas possibilidades na construção das estratégias do sujeito pesquisado, nos diferentes momentos desta interação, quando percebeu-se o dinamismo microgenético das condutas cognitivas do sujeito, no processo de transformação das **idéias** geométricas em **formas** geométricas, essência do Logo Tridimensional.

Ressalta-se que, nessa interação uma outra situação-problema será explorada pelo outro sujeito pesquisado (Sujeito B), qual seja: "Design" de uma Sala.

8.2) Design de uma Sala

> "O Renascimento estreitou os vínculos entre as artes e as ciências e produziu magníficas obras que nós admiramos. Hoje, de certa forma, temos maiores possibilidades de unir o antigo com o novo, a tradição com a tecnologia, a sensibilidade estética com a habilidade técnica e, assim, seguir iluminando o complexo processo da originalidade." (Reggini, 1988, p.173).

8.2.1) Contextualização do Problema

No mundo em que se vive , encontra-se ao nosso redor formas distintas de objetos em três dimensões. Ao longo das civilizações, a representação da profundidade ou terceira

dimensão do espaço sobre uma superfície de duas dimensões, representou um desafio de grande interesse, com diferentes soluções.

Nos desenhos dos egípcios, as cabeças e os pés eram sempre representados de perfil. Tratava-se de mostrar a essência dos objetos, representando sempre cada parte em uma posição distinta para ressaltar suas características mais notáveis.

Em algumas representações chinesas e japonesas antigas, as retas paralelas da realidade (do objeto) se conservam paralelas no desenho.

Na Grécia de Euclides (século III a.C.), já se utilizavam representações em perspectiva cônica, entretanto, somente no Renascimento, foram cientificamente definidos seus fundamentos, ocorrendo dessa forma, a generalização de sua utilização. A partir de então, imagens registradas de objetos passaram a assumir as mesmas formas com as quais eram vistos os objetos no mundo real.

Por se tratar de uma característica intrínseca ao sistema de visão humano, a profundidade está presente em tudo que se enxerga, e por isso pode-se não valorizá-la, mas, por exemplo, sabe-se identificar sua ausência em algumas pinturas antigas, como reproduzida na Figura 8.72, a qual representa uma cena extraída de um manuscrito persa de cerca do ano de 1444.

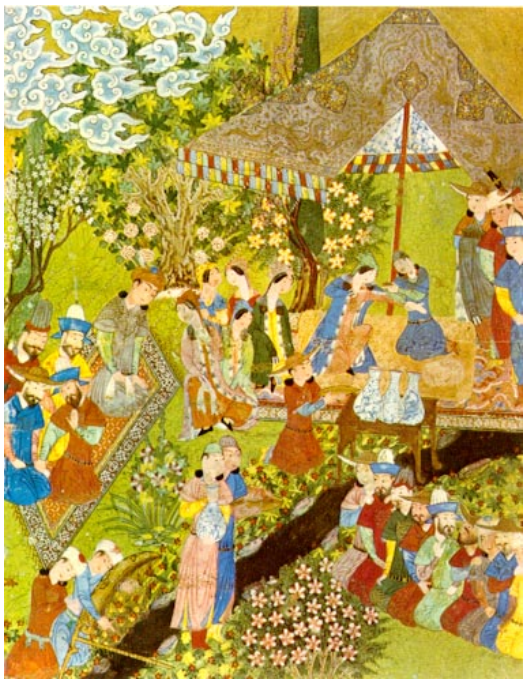


Figura 8.72 – Cena da corte em um jardim
Fonte – Encyclopaedia Britannica, 1971, Vol.17, p.74, Plate VI.

Assim sendo, a perspectiva assumiu uma relevância que pode ser encontrada em diversos contextos, tais como, artes, ciências, cinema e televisão. Com essas concepções em mente, deve-se redimensionar os métodos de ensino e teorias de trabalho, buscando abordar temas importantes, como o da perspectiva.

No presente Estudo de Caso, a pesquisadora, valorizando a importância do domínio de conceitos e de noções de perspectiva para a representação plana de cenas e objetos espaciais e, objetivando explorar, além da perspectiva, outros conceitos matemáticos, juntamente com um dos sujeitos pesquisados, elaborou a seguinte situação-problema*:* **Design de uma sala utilizando os recursos do Logo Tridimensional.**

Nesse processo de interação, a pesquisadora abordou e discutiu com o sujeito pesquisado conceitos e idéias relacionadas à perspectiva. Com o objetivo de contextualizar a situação-problema, acima apresentada, serão enfatizadas considerações teóricas a respeito dessa temática.

8.2.2) Considerações sobre Perspectiva

8.2.2.1) A Perspectiva no Mundo em que Vivemos

No cotidiano do lar, do ambiente de trabalho, dentro de um edifício, ou mesmo em ambientes externos, como, em ruas e avenidas, em estradas ou parques, enxerga-se cenas e objetos como eles existem no mundo real, isto é, com a presença da terceira dimensão, qual seja, da profundidade. Essa característica, que possui associada à sua presença a idéia de espaço ou de volume, é mais facilmente identificada na presença de objetos ou componentes de ambientes que apresentem linhas retas, como é o caso da maioria das construções, dos móveis e de outros componentes ao nosso redor.

A representação das principais propriedades da forma de um objeto no espaço, ou de uma cena tridimensional, em uma superfície plana, constitui-se em uma tarefa não muito simples, pois o conceito visual de qualquer objeto que possua volume, somente pode ser representado em um meio tridimensional. Assim, quando se desenha um objeto sobre uma superfície plana, o que se obtém é uma "tradução" deste objeto, ou seja, a representação por meios bidimensionais de alguns fatores estruturais essenciais ou particulares do conceito visual. As figuras obtidas podem parecer planas, como os desenhos de uma criança, ou ter profundidade, como os quadros com linhas de fuga, mas, em ambos os casos, não pode reproduzir-se totalmente no plano a integridade do conceito visual.

A estratégia para a realização dessa tarefa utiliza recursos e técnicas da perspectiva, como referida pelos desenhistas e artistas plásticos, ou recursos e técnicas da Geometria Projetiva (projeção), como se referem os matemáticos. Essas técnicas podem ser encontradas na literatura disponível sobre o assunto, como em White (1968).

Apresenta-se na Figura 8.73 abaixo um exemplo de aplicação da perspectiva por profissionais da área de comunicação visual e de propaganda, extraída de um informe publicitário.

Convém lembrar que, no desenvolvimento científico, através da busca de se conseguirem dispositivos óticos-mecânicos que permitissem a obtenção de figuras de objetos em perspectiva, o resultado mais notável foi alcançado no final do século passado, com a invenção da fotografia.



Figura 8.73 – Exemplo de aplicação de perspectiva no meio publicitário

As imagens fotográficas, assim como as do cinema e da televisão que lhes seguiram, também mostram os objetos em perspectiva, como pode ser observado nas Figuras 8.74, 8.75 (a), e 8.75 (b). Encontra-se ainda perspectiva nas cenas de cinema e de televisão, como mostrado na Figura 8.76, as quais reproduzem cenas capturadas da tela da televisão. Observa-se que a perspectiva torna as cenas representadas, tão naturais quanto aquelas vistas através do nosso sistema de visão. As técnicas de perspectivas são do conhecimento e do domínio dos pintores há mais de cinco séculos, e têm sido utilizadas por eles em seus trabalhos, aproximando assim, as cenas, reproduzidas em suas pinturas, das originais existentes no mundo real.

Outro exemplo de ambiente tridimensional, para cuja criação utilizam-se recursos tecnológicos, trata-se daquele associado aos video games de nova geração, nos quais poderosíssimos micro-processadores possibilitam saídas gráficas, rápidas e perfeitas, criando a ilusão de que o usuário está inserido em um ambiente que reproduz situações da vida real. Na Figura 8.77, estão reproduzidas cenas capturadas de diferentes jogos, do sistema Nintendo 64.

Atualmente, com a ampla possibilidade da utilização de computadores, várias ferramentas de softwares estão disponíveis para auxiliar o usuário na representação plana de objetos espaciais. Nota-se que, apesar de Logo não ser uma linguagem computacional desenvolvida com tal finalidade, o ambiente do Logo Tridimensional incorpora, como já apresentado no Capítulo 5, a perspectiva. Dessa forma, nos objetos e nas cenas construídas ou representadas com a Tartaruga Tridimensional, há a presença da terceira dimensão ou da profundidade, tornando esse ambiente rico e poderoso, possibilitando ao usuário a exploração de conceitos de geometria espacial.

Ressalta-se que, neste projeto, pretende-se explorar, entre outros conceitos matemáticos, a perspectiva, presente nas construções realizadas por um dos sujeitos desta pesquisa.



Figura 8.74 – Fotos de autoria da pesquisadora

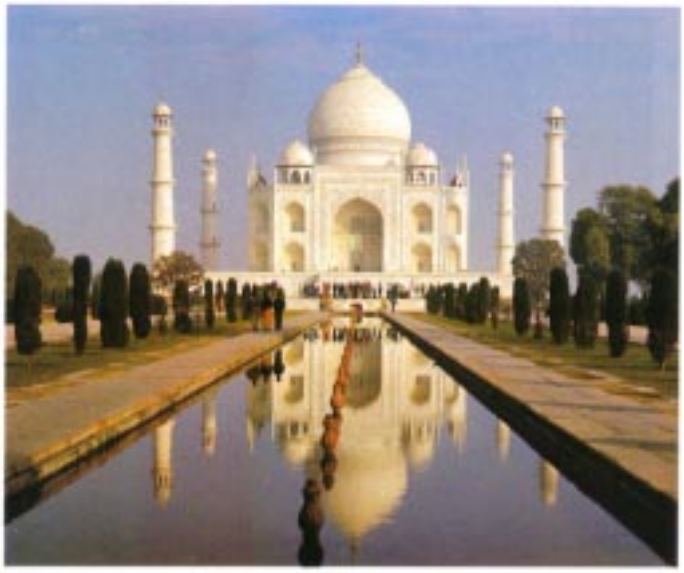


Figura 8.75 (a) – Taj Mahal (Índia)
Fonte – Nova Enciclopédia Ilustrada Folha, 1996, p.646.



Figura 8.75 (b) – Interior da igreja de San Lorenzo (Florença)
Fonte – Encyclopaedia Britannica, 1971, Vol.19, p.132.



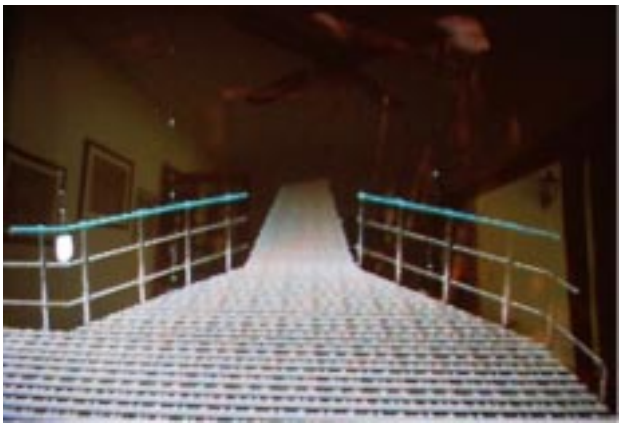
Figura 8.76– Quadro de televisão



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 8.77 – Cenas de video-game

8.2.2.2) Algumas Considerações Históricas sobre Perspectiva

Artistas renascentistas, entre eles Giotto di Bondone (1266-1337), Felippo Brunelleschi (1377-1446), Paolo Uccello (1397-1475), Leon Battista Alberti (1404-1472),

Piero della Francesca (1410-1492), Leonardo da Vinci (1452-1519) e Albrecht Dürer (1471-1528), buscaram representar com precisão a profundidade em suas pinturas, criando, de modo ordenado, uma sensação de forma e de espaço em uma superfície plana.

A idéia fundamental explorada por eles consistiu em considerar a superfície plana de uma pintura como sendo uma janela envidraçada, através da qual o artista enxergava a cena exterior ou o objeto a ser representado na pintura. Os **raios visuais** que partem do objeto e convergem para o olho (**ponto de vista**), mantido fixo, passam através da janela, e a coleção de pontos, nos quais as linhas intersectam o vidro, formam a **projeção do objeto** naquela superfície plana. Os artistas analisaram as mudanças introduzidas na figura resultante, quando a cena ou o objeto, a ser representado, era visto a partir de posições e de distâncias distintas. Desse modo, os artistas desenvolveram idéias de perspectiva.

Alguns artistas, dentre eles Dürer, desenvolveram dispositivos mecânicos para auxiliá-los nos desenhos em perspectiva, como o representado em sua própria ilustração reproduzida a seguir.



Figura 8.78 – Ilustração do dispositivo mecânico de perspectiva de Dürer
Fonte – Devlin, 1994, p.130.

A ilustração acima, mostra como um desenho em perspectiva pode ser produzido por meio de projeção. Na placa de vidro mantida pelo homem da esquerda, encontra-se um desenho em perspectiva do objeto sobre a mesa. Para criar esse desenho, a placa é colocada na moldura mantida perpendicular à mesa pelo artista, na direita. Os pontos em que os raios visuais (linhas retas) que partem do objeto em direção ao olho do artista intersectam a placa, determinam uma imagem do objeto, conhecida como sua projeção na placa de vidro.

Dessa forma, esses artistas desenvolveram técnicas de pintura de cenas tridimensionais e de objetos espaciais em telas bidimensionais, utilizando, muitas vezes, de forma intuitiva, conceitos matemáticos durante o desenvolvimento de seus trabalhos.

Quando o artista produz uma pintura, e, sob o ponto de vista da perspectiva, ela se apresenta de forma correta, pode-se interpretá-la como se fosse uma cena tridimensional. Para comprovar esta afirmação, apresentam-se estudos de perspectiva de dois dos artistas acima mencionados. Na Figura 8.79 está reproduzido o Cálice, de Uccello, no qual o autor demonstra o entusiasmo com o qual ele se expressava, utilizando perspectiva. Pelas formas perfeitas apresentadas, esta obra do Século XVI lembra trabalhos atuais, executados com recursos da computação gráfica. Na Figura 8.80 reproduz-se a Adoração do Mágico, de Leonardo da Vinci Trata-se de uma perspectiva relativamente mais simples que a anterior (Figura 8.79), com um ponto de fuga[22] central localizado no lado direito da figura. Os esboços dos seres vivos (pessoas, cavalos e um camelo) apresentam-se com proporções perfeitamente controladas pelas linhas perspectivas (apresentadas no estudo) convergindo para o ponto de fuga.

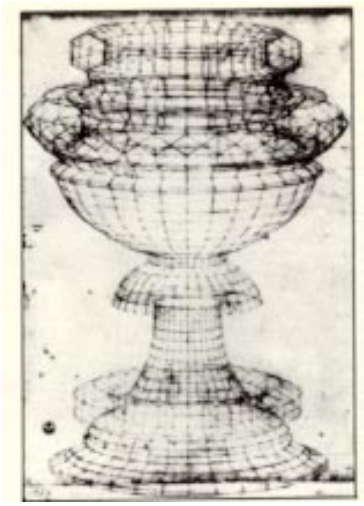


Figura 8.79 – Cálice de Uccello
Fonte – Hayes, 1980, p.16.

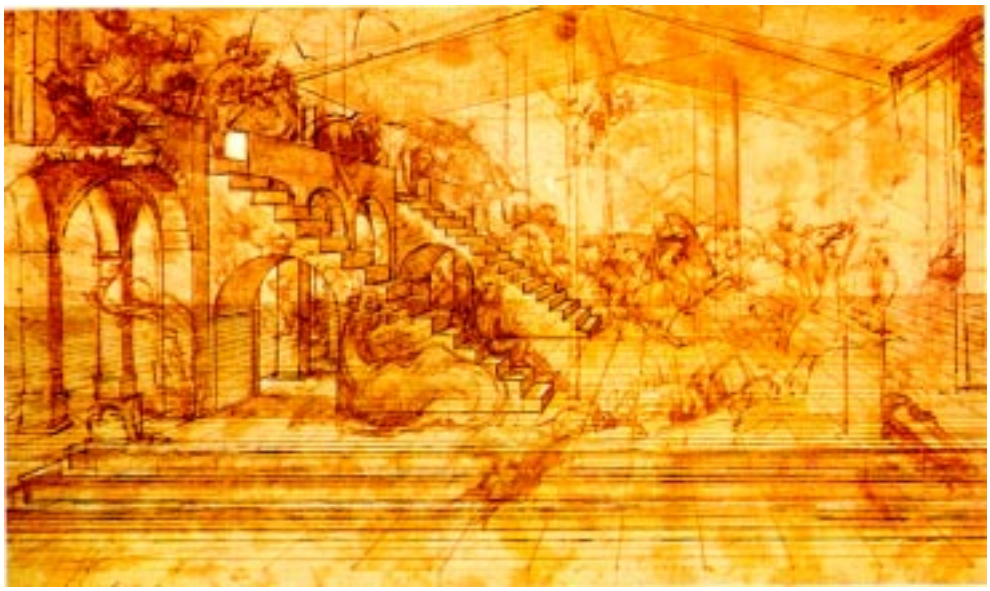


Figura 8.80 – Adoração do Mágico
Fonte – Hayes, 1980, p.17.

[22] **Ponto de fuga** é o ponto para onde convergem as linhas paralelas que se afastam do observador (Imenes et al., 1997, p.338).

Com objetivo idêntico ao apresentado anteriormente, estão reproduzidas, a seguir, duas pinturas do período renascentista.



Figura 8.81 – Escola de Athenas
Fonte – Enciclopaedia Britannica, 1971, Vol.17, p.74, Plate X.



Figura 8.82 – A Anunciação
Fonte – Enciclopaedia Britannica, 1971, Vol.17, p.74, Plate VII.

A Figura 8.81, expressa a Escola de Athenas, de Rafael, 1509-11 Essa pintura exibe perspectiva, com um ponto de fuga, no qual todas as linhas perspectivas convergem para um único ponto, localizado no centro da tela.

A Figura 8.82, expressa A Anunciação com Santo Emílio, de Carlo Crivelli, 1486, pintura com perspectiva com um ponto de fuga, localizado no lado esquerdo da tela.

Para o artista, o relevante é o resultado estético das formas obtidas através da perspectiva e da projeção no plano. Entretanto, o matemático interessa-se pelas propriedades das formas geométricas da pintura, que permitem a criação da ilusão de uma cena tridimensional. A geometria que surge dessas considerações é chamada Geometria Projetiva, que fundamenta o Logo Tridimensional, como abordado no Capítulo 5, desta pesquisa.

Apesar de as idéias fundamentais de perspectiva terem sido descobertas no Século XV, e gradualmente terem penetrado no mundo da pintura, foi somente no Século XVII que o matemático Girard Desargues, influenciado pela utilização da perspectiva na arte da Renascença, e objetivando colaborar com os artistas, iniciou estudos sobre a Geometria Projetiva. Seu trabalho influenciou outros matemáticos que lhe sucederam nesta área, especialmente Blaise Pascal (1623-1662) e Jean Victor Poncelet (1778-1867).

8.2.2.3) A Perspectiva e a Construção do Conhecimento

Piaget, em seus estudos, destacou a relevância e o papel da perspectiva no processo de construção do conhecimento.

Dessa forma, Piaget e Ritter, em Piaget (1996, p.177-184), abordam no capítulo: “Dialética e Perspectiva”, a perspectiva do ponto de vista dialético, enfatizando três tipos de conflitos existentes na coordenação das perspectivas.

O primeiro se refere à dualidade entre a identidade do objeto, concebido como permanente, e a multiplicidade de suas formas observáveis, em função das mudanças do ponto de vista.

Um outro conflito relaciona-se à passagem do absoluto ao relativo, não privilegiando nenhuma perspectiva, permanecendo todas relativas à posição observada.

Uma terceira dificuldade ou conflito mencionado pelos autores acima citados, refere-se à realização de uma síntese entre a diferenciação e a integração em um agrupamento que assegure a existência de um todo invariável, porém de natureza transformacional, e não mais estática, como o estado anterior do objeto, concebido como algo que deve conservar uma forma aparentemente constante.

8.2.2.4) Tipos de Projeções e Algumas Propriedades

Existem dois tipos de projeções. A projeção a partir de um único ponto, muito utilizada pelos pintores, na qual, o ponto de projeção está no olho do artista, e é conhecida como **projeção central ou cônica**, ilustrada na figura a seguir.

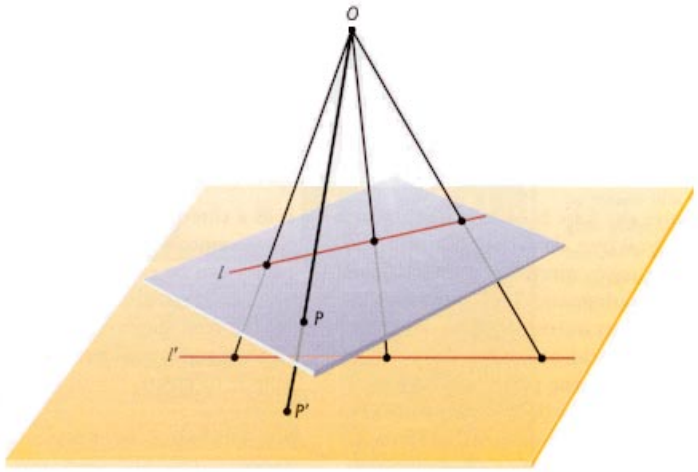


Figura 8.83 – Projeção cônica

Um exemplo prático desta projeção consiste na sombra de um objeto sobre uma mesa, projetada por uma luz pontual (uma lâmpada incandescente, por exemplo) localizada sobre o objeto.

Há também a **projeção paralela**, **cavaleira**, ou **isométrica**, algumas vezes referida como projeção à partir do infinito. Esta projeção está representada abaixo, na qual as linhas de projeção, são linhas paralelas entre si. Esta situação, poderia hipoteticamente, corresponder ao caso no qual o olho do pintor estivesse infinitamente distante da cena e da pintura.

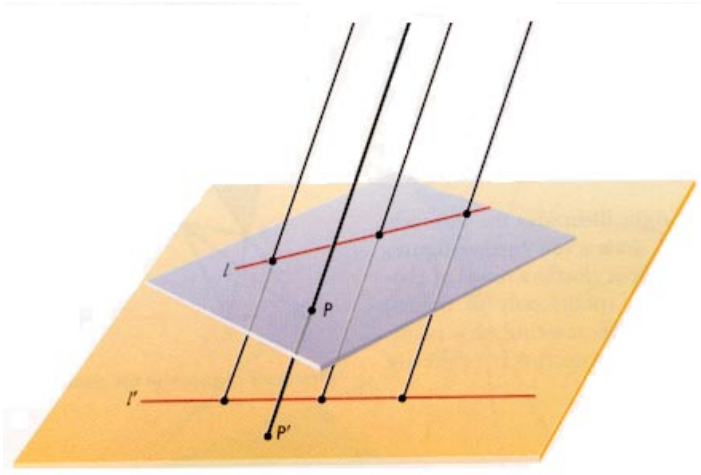


Figura 8.84 – Projeção paralela

Um exemplo prático desta projeção consiste na sombra de um objeto sobre uma mesa, projetada pela luz do sol.

Nas projeções acima representadas, algumas propriedades podem ser observadas, tais como: *Pontos projetam-se em pontos. A projeção de uma reta que não contém o observador também é uma reta*. *A projeção de uma reta que contém o observador é um ponto*.

Ressalta-se que na projeção cônica ilustrada na Figura 8.78, a placa de vidro representa, do ponto de vista geométrico, o **plano de projeção**. Tal plano, do ponto de vista da perspectiva é referido como **plano de quadro**. Fazendo uma analogia com o **Logo Tridimensional**, a placa de vidro corresponde à tela do monitor, estando o olho do artista (ponto de vista) localizado em um ponto a frente da tela, sobre o eixo perpendicular, passando pelo centro desta. O objeto representado em perspectiva encontra-se atrás da tela.

Nas projeções ilustradas na Figuras 8.83 e 8.84 o plano de projeção (ou plano de quadro) corresponde ao plano inferior representado.

Convém notar que a projeção distorce comprimentos e ângulos. Esta distorção depende das posições relativas entre os objetos retratados, o observador (ponto de vista) e o plano de projeção.

8.2.3) Processo de Resolução da Situação-Problema – Design de uma Sala Utilizando Recursos do Logo Tridimensional

No processo de resolução da situação-problema, a pesquisadora sugeriu ao sujeito que este se posicionasse contra uma das paredes da sala em que estava trabalhando, e tentasse visualizá-la sob esse ponto de vista. O problema proposto, desafiou o sujeito, na medida em que ele começou a interagir com a pesquisadora, elaborando e idealizando esquemas auxiliares, como desenhos e diagramas do projeto de uma sala, cujas características assemelhavam-se às da sala observada, tais como, piso, porta, janela, paredes lisas, luzes no teto e quadros nas paredes.

Para a realização deste projeto, durante o processo de definição de suas dimensões e de seu conteúdo, a pesquisadora sugeriu e discutiu com o sujeito do Estudo de Caso, algumas

idéias, com o objetivo de inseri-lo em uma busca e investigação por estratégias que possibilitassem delinear os diferentes componentes que integrariam o "design" de uma sala.

Nesse processo, o sujeito posicionou-se contra uma das paredes da sala em que estava trabalhando, com suas costas sobre o eixo vertical, passando pelo ponto médio da parede, mantendo sua cabeça em posição normal[23], direcionando seu olhar para a parede oposta. É importante ressaltar a posição da cabeça do sujeito no delineamento do esboço da sala, pois tal posição define e determina a visão em perspectiva das características da sala.

Observando e refletindo sobre as características, detalhes e dimensões, da sala, o sujeito elaborou um esboço que representa a visualização dessa sala, segundo sua ótica, como apresentado a seguir.

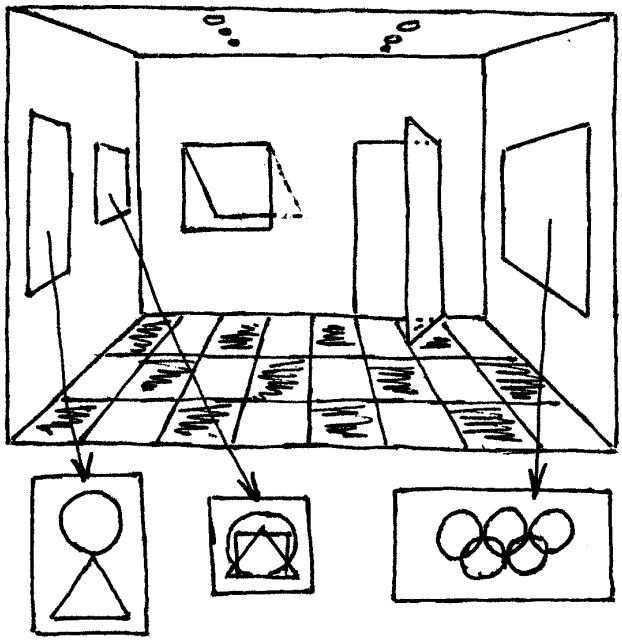


Figura 8.85 – Esboço de uma sala

Observa-se pelo esboço do projeto da sala, delineado pelo sujeito, que este levou em conta a profundidade, uma vez que projetou as partes laterais da sala, o piso, o teto e a parede afastada, utilizando noções de perspectiva. Ressalta-se que o sujeito deste estudo, não havia trabalhado com perspectiva, anteriormente, em sua escola. Conforme seu próprio depoimento, "*Tenho observado a perspectiva em quadros, em fotografias, em televisão e em cinema, porém, não estudei perspectiva na escola"*.

O sujeito, objetivando encontrar soluções para o desafio proposto, discutiu e refletiu com a pesquisadora sobre conceitos de perspectiva, conceito matemático intrínseco ao Logo Tridimensional, e dessa forma, inseriu-se em uma busca e investigação de possíveis estratégias que possibilitassem a realização de seus objetivos. Nesse processo, o sujeito idealizou construções diversas para a representação do "design" de uma sala.

---

23 Entende-se por posição normal da cabeça aquela em que esta não está inclinada para frente ou para trás, tampouco para os lados.

8.2.4) Construções Distintas do Design de uma Sala

8.2.4.1) Construção do Design Utilizando Perspectiva

No processo de resolução do problema, o sujeito deste estudo realizou uma busca sobre perspectiva em seus livros de Matemática, encontrando, em Imenes et al. (1997), referências sobre esse tema, com o título *Desenhando em 3D*.

A definição de perspectiva, encontrada pelo sujeito no referido livro, expressa-se por: "*Perspectiva é uma técnica de desenho que permite retratar os objetos tal como são vistos em uma fotografia"* (p.338). Na obra citada, o autor apresenta uma estratégia para se desenhar objetos em perspectiva, com um ou dois pontos de fuga.

Por tratar-se de um tema com o qual o sujeito pesquisado, não havia trabalhado em sua escola, a pesquisadora discutiu com ele alguns termos e conceitos fundamentais sobre perspectiva. Reproduzem-se abaixo alguns aspectos teóricos que fundamentam tal discussão.

8.2.4.1.1) Representação de Objetos em Perspectivas

8.2.4.1.1.1) Significados de Termos Utilizados em Perspectivas

Em uma cena externa, o plano horizontal, de dimensões infinitas, sobre o qual o observador está apoiado, e que se estende tanto quanto a visão alcança, é chamado **plano de terra**. A linha na qual esse plano parece terminar, ou seja, na qual esse plano encontra o céu, é chamada **horizonte**. Ressalta-se que o horizonte se encontra na altura dos olhos do observador, ou seja, coincide com o **nível do olhar** do observador. Esse fato pode ser observado, com relativa facilidade, quando se olha para o mar. Uma pessoa em pé, vê mais água entre o horizonte e a praia que quando abaixada. Em algumas situações, o plano de terra apresenta dimensões definidas, como na situação representada na Figura 8.78, na qual o tampo da mesa representa o plano de terra.

Como já observado anteriormente a placa de vidro da Figura 8.78 na qual o objeto é projetado, recebe o nome de **plano de quadro** ou **plano de projeção**. Em uma outra situação, o plano de quadro pode ser representado pela área envidraçada de uma janela. Trata-se de um plano imaginário vertical que não possui limites.

O horizonte, quando visto pelo observador através do plano de quadro, e desenhado (projetado) nesse plano, recebe o nome de **linha do horizonte,** usualmente nomeada por **LH**.

A linha, segundo a qual o plano de quadro intersecta o plano de terra, recebe o nome de **linha de terra**, sendo usualmente denotada por **LT**.

O ponto do horizonte para o qual o observador direciona o olhar, é nomeado **centro de vista**. Este ponto, quando estiver representado no plano de quadro, encontra-se na linha do horizonte, cobrindo o centro de vista real que está localizado no horizonte.

O olho do observador, o centro de vista localizado na linha do horizonte, e o centro de vista real estão alinhados. Esta reta de alinhamento é designada como **raio visual principal**.

As linhas que se afastam do observador parecem aproximar-se, convergindo para o horizonte. Esse ponto de convergência recebe o nome de **ponto de fuga**, sendo usualmente denotado por **F**. Esse ponto pode ser representado no plano de quadro da mesma maneira que, anteriormente, representou-se o centro de vista. Ressalta-se que o centro de vista é o ponto de fuga de todas as linhas que se dirigem para o horizonte, perpendicularmente ao plano de quadro.

8.2.4.1.1.2) Representação de Desenhos em Escala[24]

Ao representar uma cena ou um objeto, na determinação da escala a ser utilizada, devem-se levar em conta dois fatores: a **distância** entre o **observador** e o **plano de quadro**; e a **distância** entre o **plano de quadro** e o **objeto** a ser representado.

A **distância entre o observador e o plano de quadro** influencia o tamanho do objeto representado. Esta influência pode ser constatada quando se visualiza uma cena através de uma janela. À medida que o **observador se aproxima da janela**, que está fixa (plano de quadro), ele **vê as dimensões dos objetos presentes, na cena, diminuírem**, enquanto que os elementos ou características que compõem a cena, limitados pela área envidraçada da janela, aumentam. Fazendo uma analogia com o sistema de fotografia, esta situação corresponde à troca da lente normal por uma lente grande angular.

Efeito inverso se verifica quando o **observador se afasta do plano de quadro**, isto é, as **dimensões dos objetos, contidos na cena representada, aumentam**, e o observador enxerga menos elementos ou características que compõem a cena. No sistema fotográfico, essa situação corresponde à troca da lente normal por uma lente teleobjetiva, na qual a distância entre o filme da máquina (plano de quadro) e a lente (observador) aumenta. Quando esta distância aumentar de forma contínua, esta situação corresponderá à utilização do recurso de "zoom", com o qual o objeto é aproximado continuamente, aumentando suas dimensões e diminuindo os limites da cena.

Um outro fator importante que deve ser levado em consideração ao determinar uma escala para se representar uma cena ou um objeto, trata-se da **distância entre o plano de quadro e o objeto**. Esta distância também influencia o tamanho do objeto a ser representado no plano de quadro. Estando o observador em uma posição fixa, à medida que o plano de quadro se aproxima do objeto, maiores serão as dimensões do objeto a ser representado. Com efeito, se o plano de quadro tocasse no objeto, a imagem deste teria as mesmas dimensões que as do próprio objeto.

Quando se trabalha com perspectiva, as únicas distâncias ou dimensões que podem ser medidas são aquelas que se referem a pontos ou a segmentos de retas que estão no plano de quadro. Os pontos e segmentos que não se encontram no plano de quadro devem ser conduzidos a este último, para efeito de medidas. Para a determinação real das grandezas medidas, deve-se considerar sempre a escala em uso.

Por exemplo, na figura abaixo, na qual estão representadas a linha do horizonte (LH), a linha de terra (LT), e o ponto de fuga (F) (o qual coincide com o centro de vista), os pontos A e B representam dois pontos que se encontram sobre a linha de terra, distando 1 m e 0,5 m,

---

[24] Entende-se por **escala** a proporção em que uma figura é ampliada ou reduzida. Entende-se por **proporção** a relação multiplicativa entre duas grandezas ou duas medidas expressas por dois números (Imenes et al., 1997, p.328).

respectivamente, à direita e à esquerda do observador (0), cujos olhos estão a 1,5 m de altura. Ressalta-se que a escala adotada para a representação abaixo é de **1:75** (cada 1 centímetro na figura corresponde a 75 centímetros na situação real).

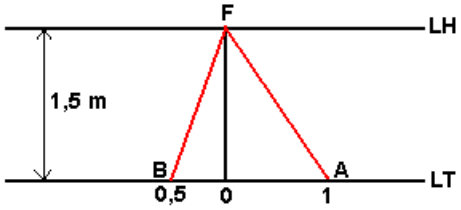


Figura 8.86 – Representação de dois pontos no plano de quadro (Escala 1:75)

Na figura 8.86, as retas, passando pelo ponto A ou B, e pelo ponto F (ponto de fuga), representam duas linhas que partem desses pontos sobre a linha de terra e continuam até o horizonte. Qualquer segmento de reta, com extremidades em cada uma dessas duas linhas e paralelo à linha de terra, possui o mesmo comprimento que o segmento AB (1,5 m). Este exemplo, ilustra que idênticos segmentos aparentam ter tamanhos distintos, quando observados com distâncias diferentes.

É bom lembrar que se pode representar qualquer objeto em perspectiva. Com o objetivo de envolver o sujeito pesquisado em uma busca sobre algumas estratégias de perspectiva, a pesquisadora apresentou considerações sobre uma das estratégias possíveis que pode ser utilizada para se perspectivar um objeto plano.

O objeto a ser perspectivado – retângulo, com largura igual a 1,5 m e altura igual a 1 m – encontra-se no plano de terra (perpendicular ao plano definido pela folha de papel – plano de quadro), com o seu lado anterior (lado AB na figura abaixo) localizado sobre a linha de terra. Trata-se, portanto, de um retângulo real. Dessa forma, representa-se, na Figura 8.87 (b), a perspectiva do retângulo, com o observador localizado sobre a mediatriz do lado AB. Ressalta-se que na figura abaixo, que foi construída utilizando a escala de **1:75**, também está representada a vista superior ou planta[25] do retângulo (Figura 8.87 (a)).

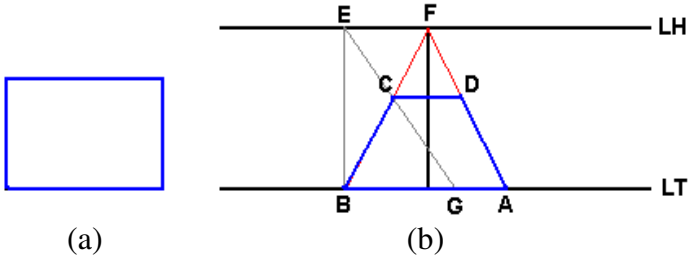


Figura 8.87 – Representação de um retângulo em perspectiva (Escala 1:75)
(a) Vista superior ou planta
(b) Vista em perspectiva

Para se obter essa representação acima, torna-se necessário a determinação dos segmentos AD e BC, que representam os lados laterais do retângulo, e que estão contidos nas linhas que se dirigem para o ponto de fuga (F).

[25] **Vista superior** é a vista que se tem quando se observa o objeto acima dele (Imenes et al., 1997, p.348).

Para tanto, uma vez construída a base do retângulo (segmento AB, no qual os pontos A e B representam seus vértices anteriores) que se encontra sobre a linha de terra, e as linhas laterais que partem dos pontos A e B convergindo para o ponto de fuga F, passa-se à determinação do posicionamento dos vértices posteriores (pontos C e D).

De acordo com as estratégias para se representar objetos em perspectiva, apresentadas na literatura, faz-se necessário, inicialmente, a determinação de um ponto de fuga distinto de F, que será denotado por E, sobre a linha do horizonte, localizado à esquerda de F. Existem várias estratégias para a localização deste ponto de fuga. No presente estudo, será adotada a estratégia, utilizada por Imenes et al. (1997), na qual o ponto E está localizado na interseção da reta perpendicular à linha de terra, traçada à partir do vértice B, com a linha do horizonte LH (Figura 8.87 (b)).

Uma vez conhecido o ponto de fuga E, à esquerda, pode-se determinar os vértices posteriores C e D do retângulo. Inicialmente, com a escala em uso, transfere-se para a linha de terra, a partir do ponto B, a altura do retângulo (1 m), ou seja, marca-se um ponto G à direita do ponto B, distando 1,33 cm[26] deste. A interseção da reta que passa pelos pontos E e G, com a reta que passa pelos pontos B e F, determina o vértice posterior C. Uma reta paralela ao segmento AB (neste exemplo paralela à linha de terra), passando pelo ponto C, determina o outro vértice posterior D, na interseção com a reta que passa pelos pontos A e F.

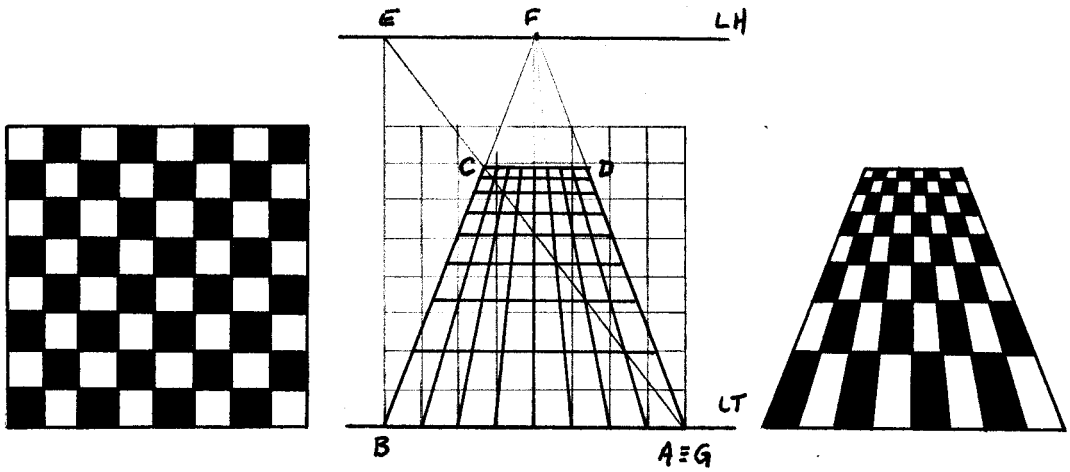
No retângulo ABCD assim determinado, os lados AB e CD, paralelos à linha de terra, medem 1,5 m, apesar de aparentarem diferentes. Os lados BC e AD medem 1 m. Observa-se que a perspectiva distorce comprimentos e ângulos.

8.2.4.1.1.3) Atividade Intermediária Desenvolvida pelo Sujeito

A partir das considerações acima, a pesquisadora propôs ao sujeito uma atividade intermediária – representação em perspectiva de um tabuleiro de xadrez – com o objetivo de envolvê-lo na familiarização e na exploração do processo de representação de objetos em perspectiva. Dessa forma, o sujeito, lançando mão da estratégia acima adotada, na representação do retângulo, e utilizada em Imenes et al. (1997), representou um tabuleiro de xadrez, ilustrado na Figura 8.88 a seguir. Ressalta-se que o tabuleiro real está no plano de terra, com um de seus lados sobre a linha de terra. A escala utilizada foi de livre escolha por parte do sujeito, bem como a distância da linha do horizonte (LH) em relação à linha de terra (LT).

Nesse processo, o sujeito, refletindo sobre o objeto a ser perspectivado, o tabuleiro de xadrez, representado por um quadrado subdividido em sessenta e quatro quadrados menores, iguais entre si (Figura 8.88 (a)), e com o objetivo de transpor a estratégia acima, discutida com a pesquisadora, partiu da planta do tabuleiro, na qual a base do quadrado se encontra sobre a linha de terra e transpôs a altura da figura a ser perspectivada, para a linha de terra. O fato do tabuleiro ter a forma de um quadrado facilitou o processo de representação dos lados laterais (BC e AD), que estão sobre linhas que convergem para o ponto de fuga F.

[26] 1,33 cm na escala de 1:75, corresponde a 1 m, na situação real.



(a) (b) (c)

Figura 8.88 – Tabuleiro de xadrez
(a) Vista superior ou planta
(b) Representação do processo de construção
(c) Vista em perspectiva

Em um segundo momento, o sujeito traçou retas unindo os pontos intermediários da base ao ponto F. Na interseção dessas retas, com a reta passando pelos pontos A e E, determinou os pontos a partir dos quais traçou segmentos paralelos à base do quadrado, obtendo desse modo, a subdivisão do quadrado ABCD, nos sessenta e quatro quadrados menores, cumprindo, dessa forma, seu objetivo que consistia em perspectivar o tabuleiro de xadrez.

8.2.4.1.2) Representação da Planta[27] e da Elevação[28] da Sala

Continuando nesse processo de interação, o sujeito com o objetivo de alcançar o seu intento – **construção da sala em perspectiva** – realizou medições e determinou as dimensões das partes integrantes da sala a ser representada. O piso e o teto medem 4 m x 3 m (4 m de largura por 3 m de profundidade). A parede do fundo mede 4 m x 2,80 m (4 m de largura por 2,80 m de altura). As paredes laterais medem 3 m x 2,80 m (3 m de largura por 2,80 m de altura). A porta mede 0,90 m x 2 m (0,90 m de largura por 2 m de altura). A janela mede 0,90 m x 1 m (0,90 m de largura por 1 m de altura).

Como parte intermediária de seu projeto, o sujeito, utilizando uma escala de **1:70**, representou as partes da sala através do desenho de uma planta quadriculada. Representou também a vista interna da parede frontal, visualizada através do **corte AA,** indicado na planta da sala. Para a realização dessas representações, o sujeito utilizou como referência a planta de uma casa apresentada em Imenes et al. (1997, p.339), e também um projeto arquitetônico completo de uma residência já construída, composto de várias plantas, elevações e cortes. Na figura abaixo representa-se um momento de interação do sujeito com o projeto arquitetônico.

---

[27] **Planta de uma casa** é a vista superior de uma casa da qual se retirou o telhado (Imenes et al., 1997, p.338). Assume-se, portanto, que planta de uma sala é a vista superior da referida sala.

[28] O termo **elevação** é utilizado em projeto arquitetônico para a representação da vista frontal ou da vista lateral de uma casa.

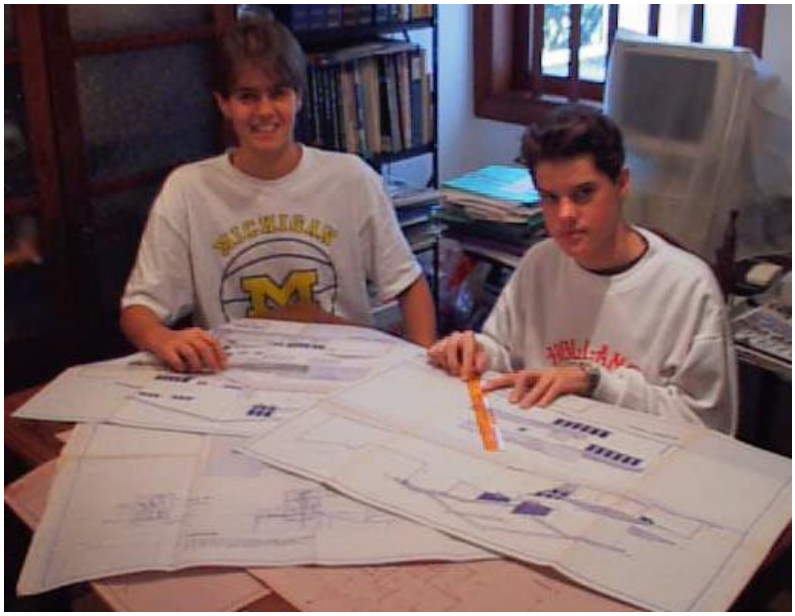
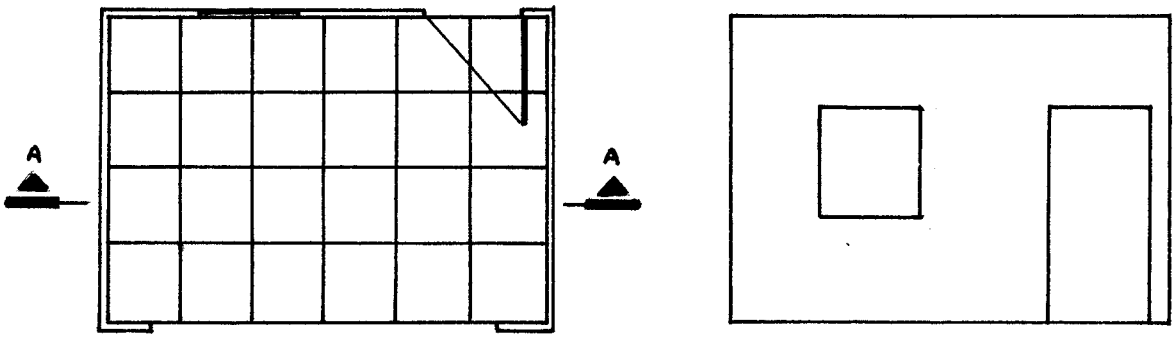


Figura 8.89 – Sujeitos da pesquisa em contato com o projeto arquitetônico

A planta e o corte da sala estão representados na figura abaixo.



(a) (b)

Figura 8.90 – Planta e corte da sala (Escala 1:70)
(a) Planta com piso
(b) Elevação vista através do corte AA

Analisando a Figura 8.90, observa-se que o sujeito representou a profundidade da sala (altura do retângulo da Figura 8.90 (a)), medindo 3 m, com dimensão idêntica à altura da sala (altura do retângulo da Figura 8.90 (b)), medindo 2,80 m. Por se tratar de uma alteração que pouco refletia nas características do projeto, a pesquisadora não a valorizou.

Nota-se que, na construção da planta e da elevação da sala, o sujeito utilizou conceitos matemáticos de **escala** e de **proporção,** entre outros.

8.2.4.1.3) Design da Sala em Perspectiva

No processo de realização de seu problema – a representação da sala em perspectiva – o sujeito, tendo assimilado a estratégia utilizada na construção, em perspectiva, do tabuleiro de xadrez, realizou comparações entre as duas situações-problema e considerou que a atual

apresentava características distintas das encontradas durante a representação do tabuleiro de xadrez, uma vez que se trata da representação em perspectiva de uma forma tridimensional. O sujeito expressou essas características, conforme os itens abaixo elencados.

- O piso da sala apresenta-se localizado no plano de terra e está subdividido em quadrados menores, assim como o tabuleiro de xadrez, porém sua forma é retangular;

- As paredes laterais da sala apresentam suas bases sobre o plano de terra, porém elas estão dispostas verticalmente em relação a esse plano;

- O teto, embora paralelo ao plano de terra, apresenta-se distante desse plano (uma medida correspondente à altura da sala), sustentado pelas paredes laterais;

- A parede afastada da sala apresenta-se paralela ao plano de quadro.

O sujeito, considerando as particularidades e características de seu problema atual, valorizou uma estratégia, que transpôs para o contexto atual, a coordenação das ações empregadas no problema do tabuleiro de xadrez. Assim sendo, para a realização da construção da sala em perspectiva, o sujeito, fundamentou-se no projeto apresentado em Imenes et al. (1997, p.278) e determinou a localização do plano de quadro. Para essa determinação, considerou enxergar a sala pela abertura decorrente da remoção da parede oposta àquela que contém a porta e a janela da sala, e, desse modo, imaginou a existência do plano de quadro, no qual seria possível representar, em escala, as dimensões das distintas partes constituintes da sala.

Com o plano de quadro assim localizado, o piso da sala, encontra-se sobre o plano de terra. Os lados anteriores dos retângulos, que representam o piso, as paredes laterais e o teto estão sobre o plano de quadro, enquanto que a parede da sala, que contém a porta e a janela, está localizada em um plano paralelo ao plano de quadro, afastado deste o correspondente à profundidade da sala.

Com essas idéias em mente, o sujeito, considerando todos os fatos relevantes para o "**Design"** de uma sala, definiu o posicionamento da linha do horizonte (**LH**), na altura dos seus olhos, estimada por ele como sendo 1,60 m. Ressalta-se que, no posicionamento da linha do horizonte, está implícito que a cabeça do sujeito se manteve na posição normal, como explicitado no item 8.2.3 deste Estudo de Caso.

Na determinação do **ponto de fuga**, o sujeito utilizou uma estratégia que reproduziu seu posicionamento quando delineou o esboço da sala (Figura 8.85), qual seja, contra a parede do fundo da sala, com suas costas sobre o eixo vertical que passa pelo ponto médio da parede.

Analisando-se a estratégia acima elaborada pelo sujeito, verifica-se que nessa escolha está implícito o conceito de **simetria** da sala em relação ao eixo vertical que passa pelo centro da figura.

Para a elaboração da perspectiva inicial da sala, o sujeito desenhou um **retângulo** sobre o plano de quadro, com dimensões idênticas à da parede do fundo da sala, através da qual ele considerou **enxergar** o interior desta. Transpondo a estratégia, anteriormente

utilizada durante a construção do tabuleiro de xadrez, o sujeito traçou a linha de terra (LT) na base do retângulo. Em seguida, desenhou a linha do horizonte (LH) paralela à linha de terra, com uma distância de 1,60 m entre elas. Para essa construção foi adotada a escala de **1:70**, anteriormente utilizada na representação da planta e da elevação da sala (Figura 8.90). O ponto de fuga (F) foi localizado na interseção da linha do horizonte com o eixo vertical que passa pelo ponto médio da base do retângulo.

Em um outro momento dessa construção, o sujeito construiu, em perspectiva, o retângulo que representa o piso da sala, assim como o quadriculado que o cobre. Para essa construção, ele recorreu à planta da sala – Figura 8.90 (a), na qual ele considerou a malha quadriculada como sendo o piso da sala coberto por placas quadradas, e transpôs a estratégia, anteriormente utilizada durante a construção do tabuleiro de xadrez. O resultado final dessa construção está ilustrado na Figura 8.91, na qual, objetivando-se possibilitar uma comparação entre esta construção e a construção do tabuleiro de xadrez, foram mantidos os mesmos pontos de referências.

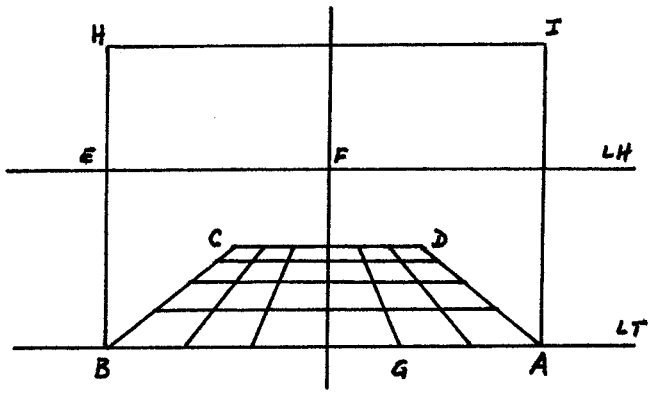


Figura 8.91 – Retângulo no plano de quadro
e vista do piso em perspectiva

O sujeito, comparando a figura acima obtida com o esboço da sala, representado na Figura 8.85, e analisando as suas características, concluiu que o lado posterior do retângulo (lado CD) representa a base da parede afastada que contém a porta e a janela (interseção do piso com a parede afastada), ou seja, os pontos C e D representam os cantos inferiores da sala. Adicionalmente, o sujeito observou, em seu esboço, que as interseções das paredes laterais com o teto determinam segmentos sobre as retas que passam pelos pontos H e F, e I e F, da Figura 8.91.

Para a construção da parede afastada, a qual se apresenta paralela ao plano de quadro, o sujeito, objetivando desenhar os lados laterais do retângulo (retângulo CDJK na Figura 8.92), levantou duas linhas perpendiculares à linha de terra passando pelos cantos inferiores da sala (pontos C e D), até que estas se intersectassem com as duas retas que passam pelos pontos H e F, e I e F, determinando os pontos K e J, os quais representam os cantos superiores da sala. O segmento horizontal JK, determinado por esses dois pontos, representa o lado superior do retângulo CDJK (parede afastada da sala). Durante esta construção foram delineadas, em perspectiva, não só as paredes laterais da sala, representadas pelos retângulos ADJI e BCKH, mas também o teto, representado pelo retângulo HIJK, utilizando as mesmas estratégias de perspectiva, anteriormente descritas.

Nota-se que os retângulos ABHI e CDJK representam, em perspectiva, paredes opostas de uma construção em forma de prisma retangular. Elas possuem as mesmas dimensões e apresentam, portanto, a mesma área, apesar de aparentarem tamanhos diferentes. Idêntica observação se aplica aos retângulos ABCD e HIJK, que representam o piso e o teto da sala, respectivamente.

Em decorrência da localização do ponto de fuga F, sobre o eixo vertical que passa pelo ponto médio da parede, a figura que representa a perspectiva inicial da sala apresenta uma perfeita simetria em relação ao referido eixo vertical.

A figura a seguir ilustra a perspectiva inicial da sala construída pelo sujeito.

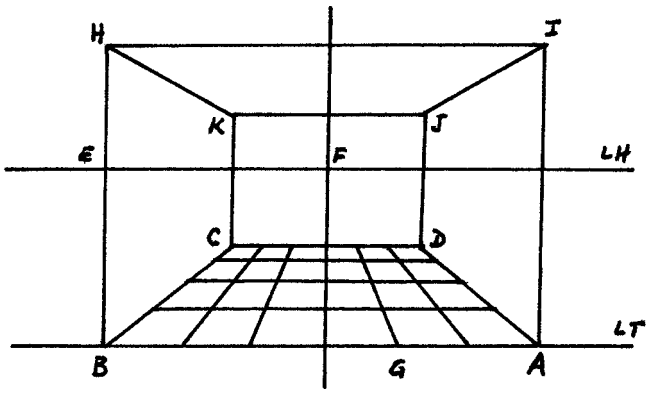


Figura 8.92 – Perspectiva inicial da sala (Escala 1:70)

No processo de resolução desse problema – "design" de uma sala – o sujeito partiu da construção inicial da sala em perspectiva, dada pela figura acima, e avaliou quais seriam as estratégias a serem utilizadas na representação das demais características que compõem a sala, quais sejam: porta e janela na parede afastada, quadros nas paredes laterais, e luzes no teto.

Para a representação da porta e da janela, com dimensões iguais a 0,90 m x 2 m e 0,90 m x 1 m, respectivamente, na parede afastada, o sujeito recorreu uma vez mais ao esboço do projeto por ele elaborado (Figura 8.85). Observando a disposição dos elementos que compõem o seu esboço, o sujeito questionou e discutiu com a pesquisadora sobre a escala a ser utilizada.

Refletindo sobre as observações apresentadas pela pesquisadora (Item 8.2.4.1.1.2), o sujeito levou em consideração que somente poderia **realizar medições sobre segmentos desenhados no plano de quadro** e, dessa forma, concluiu que, levando em conta as medidas reais e a escala em uso, deveria desenhar a porta e a janela no retângulo externo da figura que representa a perspectiva inicial da sala (retângulo ABHI da Figura 8.92, que se encontra no plano de quadro). Em seguida, ele deveria projetar a porta e a janela na parede afastada, segundo as estratégias de perspectiva por ele assimiladas.

Para tanto, o sujeito considerou que se usasse a mesma escala que estava utilizando até o presente momento, as formas finais das características adicionais que compõem a sala (porta, janela, quadros e luzes), ficariam muito pequenas. Portanto, com uma nova escala de **1:35** (dobro da anterior), reelaborou as estratégias utilizadas, anteriormente, na construção da perspectiva inicial da sala, obtendo uma nova figura. Em seguida, o sujeito, com o objetivo

de projetar, em perspectiva, a porta e a janela da sala, considerou as suas dimensões reais e a escala estipulada, representando-as no retângulo externo da nova figura, apresentada a seguir.

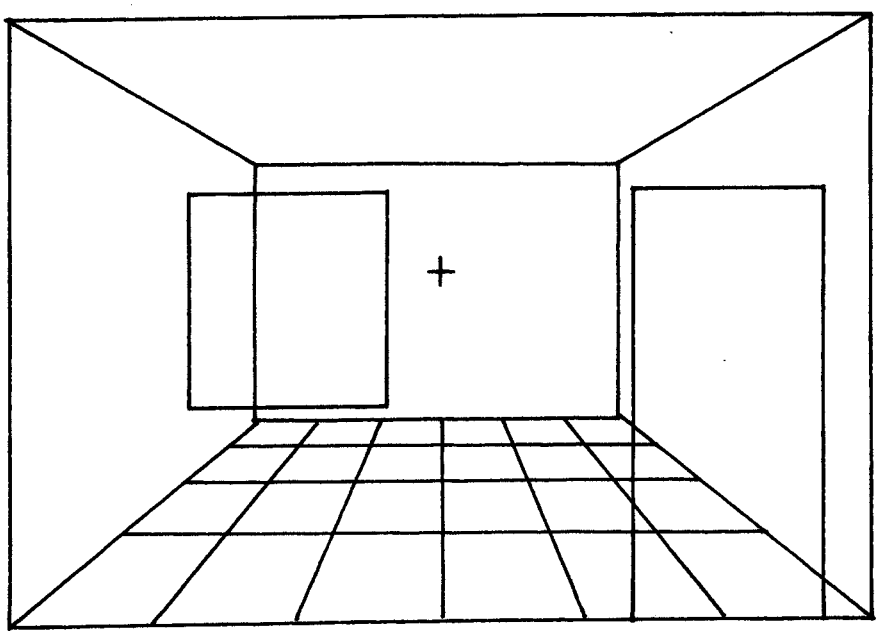


Figura 8.93 – Perspectiva inicial da sala com nova escala e representação da porta e da janela da sala no plano de quadro (Escala 1:35)

Objetivando representar os quadros nas paredes laterais, e as luzes no teto, o sujeito, transpondo os conhecimentos, anteriormente, utilizados na representação do tabuleiro de xadrez e do piso da sala, elaborou uma construção auxiliar, que utilizava como referências os quadrados do piso. Assim sendo, quadriculou as paredes laterais e o teto de acordo com as estratégias da perspectiva.

Na Figura 8.94, está ilustrada a perspectiva intermediária sala, na qual estão representadas as projeções da porta e da janela na parede afastada, assim como as construções auxiliares (quadriculados) nas paredes laterais e no teto.

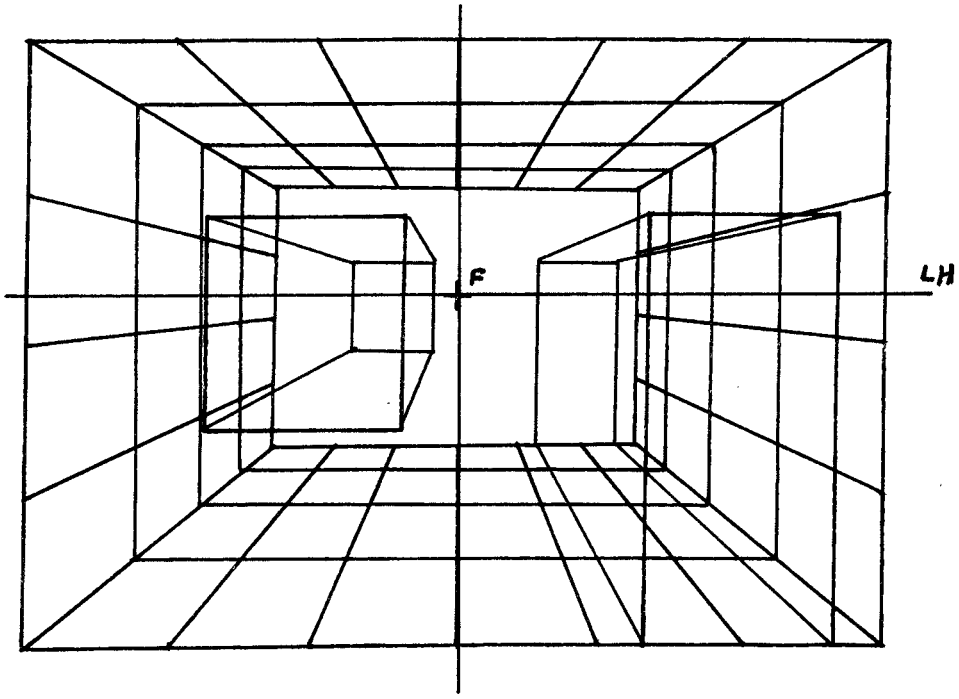


Figura 8.94 – Perspectiva intermediária da sala (Escala 1:35)

Na construção da perspectiva final, o sujeito partiu da Figura 8.94 e projetou as características adicionais de sua sala, quais sejam, os quadros nas paredes laterais e as luzes no teto, apagando em seguida as linhas auxiliares de seu desenho.

O "design" final da sala, em perspectiva, elaborado pelo sujeito em escala de 1:35, apresenta-se ilustrado na Figura 8.95 a seguir.

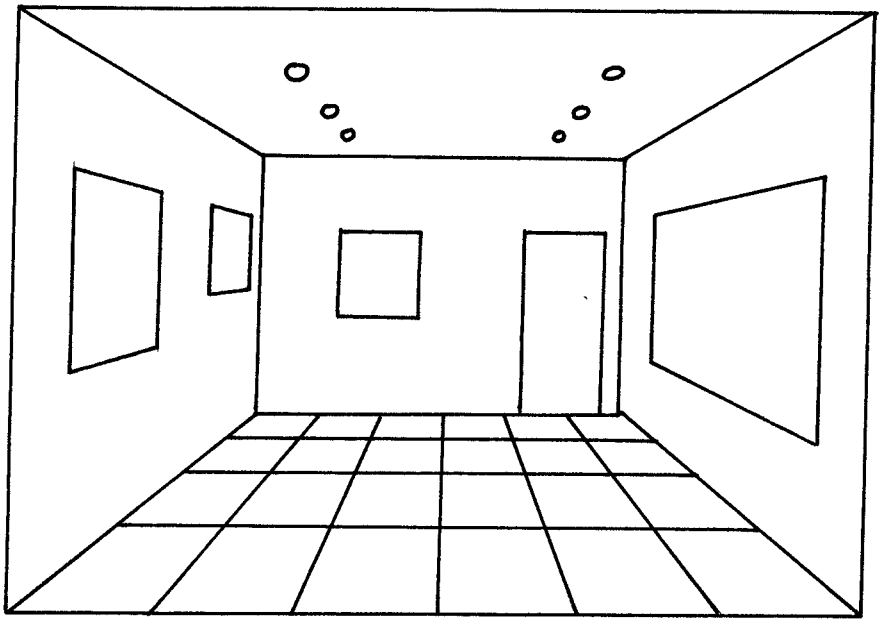


Figura 8.95 – "**Design"** final da sala (Escala 1:35)

Na Figura 8.95 foram representadas somente as molduras dos quadros, uma vez que o sujeito encontrou dificuldade em reproduzir as figuras geométricas que compõem os quadros, nos espaços correspondentes.

Refletindo sobre as estratégias utilizadas pelo sujeito pesquisado, na representação do "design" da sala, constata-se a complexidade dos conceitos matemáticos inerentes a elas, tais como: projeções, coordenações de polígonos, noções de escala e proporção, retas paralelas e perpendiculares, relações entre ângulos, simetria, entre outros. É bom observar que tais conceitos, e muitos outros, encontram-se subjacentes ao ambiente tridimensional do sistema computacional Logo, que será utilizado pelo sujeito pesquisado, como um contexto propício para a representação do "design" de uma sala.

As estratégias possíveis para se representar objetos em perspectiva são importantes e envolvem raciocínios complexos. Com o desenvolvimento da tecnologia, os sistemas computacionais apresentam em sua arquitetura subjacente técnicas e estratégias cada vez mais elaboradas de perspectiva. Assim sendo, o Logo Tridimensional constitui-se em um contexto favorável à exploração e construção de noções e conceitos de perspectiva, como será apresentado mais adiante, ainda, neste capítulo.

8.2.4.2) Design de uma Sala Utilizando Planificação

Em um outro momento dessa interação, o sujeito optou por realizar o "design" de uma sala, utilizando os recursos tradicionais com os quais estava acostumado na escola, tais como, lápis, papel, compasso, régua e transferidor, entre outros, escolhendo como estratégia procedimentos e ações que representassem a sala planificada. Durante esse processo, o sujeito, ao priorizar a estratégia de planificação[29] da sala em cartolina, levou em conta seu objetivo principal que consistia na representação do problema no contexto da tartaruga tridimensional, isto é, tinha em mente que uma planificação possibilitaria a plena compreensão das estratégias possíveis para a construção da sala com Logo Tridimensional.

Ressalta-se que o sujeito, ao realizar o "design" de uma sala, utilizando a estratégia de planificação, trabalhou com diversos conceitos matemáticos, da mesma forma que ele havia aprendido na escola, ou seja, com fórmulas, algoritmos e deduções lógicas. Apresenta-se na Figura 8.96 a seguir, uma reprodução da planificação do projeto da sala, elaborada em cartolina pelo sujeito deste estudo, e obtida por fotografia.

No processo de planificação do "design" da sala em cartolina, primeiramente, o sujeito representou a parte interna da parede, que corresponde à frente da sala, a qual contém a representação da janela e da porta, em forma retangular. Para tanto, o sujeito utilizou as dimensões reais, anteriormente determinadas, da parede, da janela e da porta da sala, e as representou utilizando uma escala de **1:20** (cada 1 cm equivale a 20 cm). Nota-se que na determinação da presente escala, o sujeito realizou cálculos matemáticos e medidas, objetivando obter o máximo aproveitamento da cartolina.

[29] **Planificação** consiste em um mapa especial de uma figura espacial. Essa figura espacial pode ser construída a partir de sua planificação (Imenes et al., 1997, p.338).

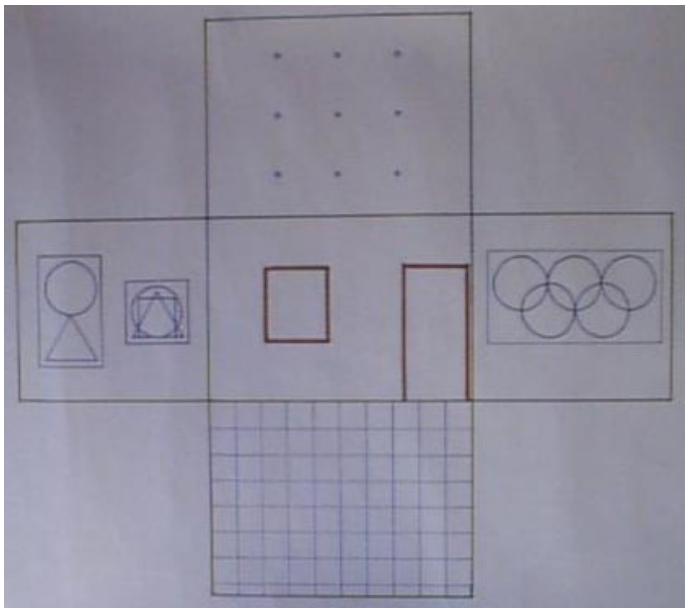


Figura 8.96 – Planificação do “design” da sala

Em seguida, o sujeito utilizando a mesma estratégia, representou as paredes laterais da sala. Convém lembrar que, nesse momento, o sujeito, ao construir os quadros que compõem as paredes laterais da sala, optou por uma construção, desprezando a escala em uso e optando por uma representação que, ao expressar os conteúdos dos quadros, utilizava uma escala livre. Tal opção deveu-se a dificuldades encontradas na representação dos polígonos que compõem os quadros, pois estes apresentavam-se muito pequenos na escala original. Como essa escolha não foi significativa para o contexto em que se insere o problema principal, a pesquisadora deixou para explorar esse fato no contexto do Logo Tridimensional.

Ressalta-se que no processo de coordenação de figuras planas que compõem os quadros, o sujeito utilizou conceitos matemáticos, tais como, simetria, paralelismo, perpendicularismo, isoperimetria, polígonos regulares, circunferências tangentes e circunferências secantes. Tais conceitos foram decorrentes das estratégias elaboradas pelo sujeito no processo de resolução do problema proposto.

8.2.4.3) Design de uma Sala Utilizando Maquete

Sabe-se que uma figura espacial pode ser construída a partir de sua planificação. Da mesma forma, a partir da planificação da sala, pode-se construir uma maquete desta. Assim sendo, o sujeito deste estudo, levando em conta essa possibilidade, no processo de resolução desse problema, manifestou interesse em construir o “design” da sala em uma maquete, utilizando a estratégia anterior, qual seja, a planificação em cartolina, cuja ilustração está apresentada na Figura 8.96.

Com esse objetivo, o sujeito recortou a cartolina nos contornos que delineavam a figura bidimensional da planificação da sala, com resultado representado pela fotografia reproduzida na figura abaixo.

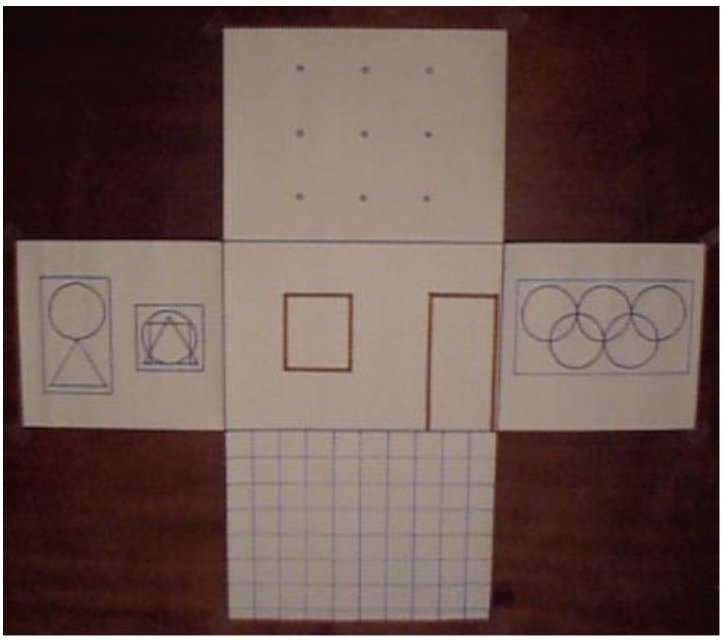


Figura 8.97 – Ilustração da planificação da sala recortada

Em um segundo momento, ele dobrou as partes que representavam o piso, as paredes laterais e o teto, sobre os segmentos de retas que representavam as interseções dessas partes com a parte central da planificação, a qual corresponde à parede frontal da sala, até obter dobras formando ângulos retos.

A maquete da sala construída pelo sujeito, em escala de **1:20**, está ilustrada na fotografia reproduzida a seguir.

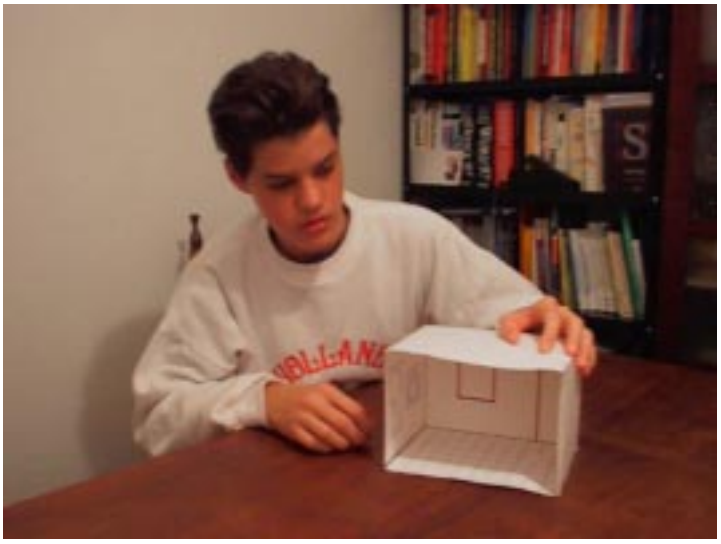


Figura 8.98 – Foto da maquete da sala construída pelo sujeito

Ressalta-se que, em situações anteriores, em resposta a solicitações de alguns de seus professores, nas aulas de Matemática, o sujeito já havia construído maquetes. Todavia, esta apresenta uma característica distinta das anteriores, uma vez que as partes significativas, nela representadas, estão voltadas para dentro. Assim, a vista interna da maquete, observada

através da abertura existente (a qual ocupa o lugar da parede do fundo da sala), representa a sala, como vista pelo sujeito durante o delineamento de seu esboço (Figura 8.85).

Apresenta-se abaixo a reprodução de uma fotografia que registra a vista interna da maquete.

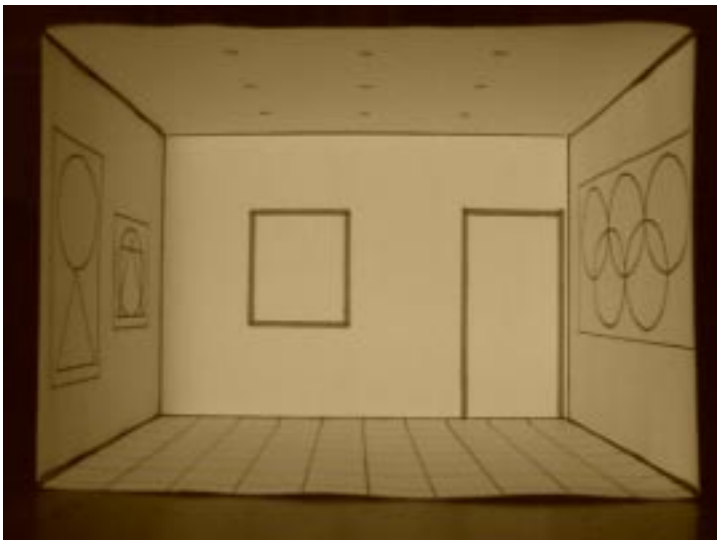


Figura 8.99 – Foto reproduzindo a vista interna da maquete

Uma análise da figura acima mostra que, com o sistema de fotografia, no qual a perspectiva está presente, reproduz-se a vista interna da maquete com aspectos semelhantes ao do esboço elaborado pelo sujeito (Figura 8.85), e a do "design" final da sala (Figura 8.95), construída pelo sujeito.

Sabe-se que a representação de um conceito, de uma idéia, quando expressa em contextos distintos, torna-se cada vez mais familiar e compreensível para o sujeito. Dessa forma, no processo de interação deste estudo, a pesquisadora solicitou ao sujeito, que este transpusesse as suas estratégias, anteriormente utilizadas, na elaboração do "design" da sala, para o ambiente do Logo Tridimensional.

8.2.5) Design da Sala com Logo Tridimensional

A pesquisadora, objetivando propiciar ao Sujeito B um novo contexto para que este representasse o problema proposto, sugeriu que a sala fosse projetada no micromundo do Logo Tridimensional, no qual, como já abordado no Capítulo 5, desta pesquisa, a presença da perspectiva é uma de suas características fundamentais.

No processo de resolução do problema no ambiente Tridimensional, o sujeito pesquisado preferiu iniciar seu projeto pela construção dos quadros da sala, presentes em seu projeto inicial, por tratar-se da coordenação de figuras planas. A valorização desta escolha na composição de sua estratégia se deu pelo fato de o sujeito já ter trabalhado anteriormente com Logo Bidimensional e, assim sendo, considerou que seria possível transpor seus conhecimentos anteriores para o novo contexto da tartaruga tridimensional.

Dessa forma, antes de iniciar a construção dos quadros, com o objetivo de explorar os comandos do Logo Tridimensional, o sujeito construiu a tabela de correspondência para os comandos de **deslocamento** e de mudança de **direção**, nos dois ambientes.

Logo Bidimensional	**Logo Tridimensional**
parafrente *valor*	ande *valor*
paratrás *valor*	ande -*valor*
paraesquerda *graus*	vire *graus*
paradireta *graus*	vire -*graus*

Tabela 8.1 – Tabela de equivalência de comandos

8.2.5.1) Construções dos Quadros

Observando o esboço do projeto de sua sala, o sujeito discutiu com a pesquisadora detalhes sobre a elaboração dos quadros. Assim sendo, refletindo sobre a composição dos polígonos regulares, que compõem os quadros, o sujeito optou por uma estratégia que constrói os polígonos, mantendo seus perímetros constantes, ou seja, polígonos isoperimétricos. Essa escolha se deu pelo fato de que o sujeito, juntamente com a pesquisadora, chegaram à conclusão de que seria necessário, do ponto de vista estético, manter uma certa proporcionalidade entre os polígonos.

Dessa forma, o sujeito iniciou o projeto com o seguinte objetivo – projetar no micromundo Tridimensional três diferentes quadros – de acordo com o esboço do "design" de sua sala.

8.2.5.1.1) Construção do Quadro 1

A representação do Quadro 1, consiste na coordenação de figuras planas, como apresentado a seguir.



Figura 8.100 – Modelo do Quadro 1

O sujeito valorizou a construção do triângulo equilátero, como sendo o primeiro polígono a ser representado. Tal escolha se deu pelo fato do triângulo ser o polígono com menor número de lados.

8.2.5.1.1.1) Construção do Triângulo

Para esta construção, no ambiente tridimensional, o sujeito apresentou o seguinte procedimento computacional, **repita 3 [ande 120 vire 120]**, com resultado ilustrado abaixo.

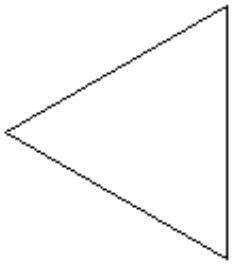


Figura 8.101 – Primeira construção do triângulo

Analisando e refletindo sobre a figura obtida, o sujeito concluiu que o triângulo se posicionava de forma incorreta em relação ao modelo estabelecido para o Quadro 1. Conforme suas próprias palavras: "*Preciso tombar o triângulo para que a base fique na horizontal*".

Com esta observação em mente, o sujeito visualizou que seria necessário girar o triângulo, em torno de seu vértice inferior, um ângulo igual a 30^o (o complemento do ângulo interno do triângulo equilátero), no sentido anti-horário.

Uma vez que a tartaruga se direcionava para cima, antes de construir o triângulo, o sujeito lançou mão do comando de mudança de direção da tartaruga tridimensional e a girou 30^o no sentido anti-horário (**vire 30**), obtendo o posicionamento desejado do triângulo, com sua base posicionada horizontalmente.

Compondo e reestruturando suas estratégias, o sujeito formulou seu programa computacional **quadro1**, apresentado, com resultado ilustrado a seguir.

```
ap quadro1
vire 30
repita 3 [ande 120 vire 120]
fim
```

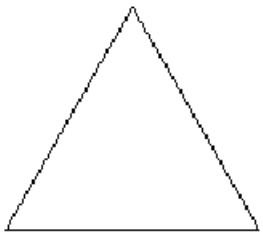


Figura 8.102 – Construção final do triângulo

Analisando o programa acima, a pesquisadora observou que o sujeito, ao utilizar o valor 120 como argumento do comando **ande**, definiu o **perímetro do triângulo** como sendo **360** (3*120 passos da tartaruga), e, portanto, o perímetro dos demais polígonos a serem construídos, pois os polígonos são **isoperimétricos**, como mencionado anteriormente. Com o objetivo de explicitar a estratégia escolhida, o sujeito conjeturou que 360 é um número múltiplo de 3 (número de lados do triângulo), de 4 (número de lados do quadrado) e de 360 (número de lados do polígono que ele usaria para representar a circunferência).

Constata-se nas estratégias estabelecidas que o sujeito utilizou conceitos matemáticos já trabalhados por ele na escola, quais sejam, conceitos de Mínimo Múltiplo Comum (mmc), uma vez que mmc (3, 4, 360) = 360.

Convém lembrar que, com o procedimento computacional apresentado pelo sujeito, o vértice direito do triângulo coincide com o centro da área de trabalho (posição inicial da tartaruga).

Dessa forma, tendo terminado com êxito a construção do triângulo, o sujeito passou a construir o quadrado.

8.2.5.1.1.2) Construção do Quadrado

Ao iniciar a construção do quadrado, o sujeito partiu com a tartaruga da posição em que se encontrava ao terminar a construção do triângulo, posicionou-a para cima e utilizou a mesma estratégia anterior, adaptando-a às características do quadrado (quatro lados iguais e quatro ângulos iguais). Assim sendo, reestruturou o programa anterior, apresentado abaixo, com resultado ilustrado a seguir.

```
ap quadro1
vire 30
repita 3 [ande 120 vire 120]
vire -30
repita 4 [ande 90 vire 90]
fim
```

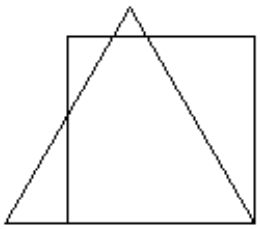


Figura 8.103 – Tentativa de construção do Quadro 1 com triângulo e quadrado

Analisando a figura acima, e discutindo com a pesquisadora sobre a estratégia utilizada, o sujeito concluiu não ter observado os conceitos de **simetria** em relação ao eixo vertical, que passa pelo vértice superior e pelo ponto médio da base do triângulo[30], conforme o seu próprio desenho do Quadro 1 (Figura 8.100). Refletindo e depurando seu programa computacional, ele sentiu que deveria fazer coincidir os pontos médios das bases dos polígonos (triângulo e quadrado) para obter esse efeito. Dessa forma, após reflexão e realização de alguns cálculos e medidas, ele supôs que seria necessário deslocar os vértices inferiores do quadrado para a esquerda, um valor igual à metade da diferença entre o comprimento da base do triângulo (120) e o comprimento da base do quadrado (90). Assim sendo, ele reformulou seu programa, como abaixo apresentado.

[30] Ressalta-se que o eixo vertical assim definido coincide com a mediatriz do segmento que representa a base do triângulo equilátero construído.

```
ap quadro1
vire 30
repita 3 [ande 120 vire 120]
vire 60
un
ande 15
vire -90
ul
repita 4 [ande 90 vire 90]
fim
```

Ressalta-se que com a reformulação acima, as mediatrizes dos segmentos correspondentes às bases do triângulo equilátero e do quadrado coincidem com o eixo vertical, passando pelo ponto médio da base do triângulo e pelo seu vértice superior. Os centros geométricos dos dois polígonos estão localizados sobre o referido eixo, o que garante a simetria lateral em relação a este eixo.

O sujeito, tendo realizado parte de sua tarefa, coordenação dos dois polígonos isoperimétricos, quais sejam, o triângulo e o quadrado, considerou que o próximo objetivo a ser alcançado constituía-se na construção e coordenação da circunferência com esses dois polígonos, visando o objetivo final que consiste na construção do Quadro 1 da sala.

8.2.5.1.1.3) Construção da Circunferência

Ao iniciar a construção da circunferência, o sujeito considerou que deveria construi-la com o mesmo perímetro do triângulo e do quadrado, e que esta deveria se apresentar simétrica em relação ao eixo vertical, passando pelo ponto médio das bases do triângulo e do quadrado. Com essa finalidade, o sujeito montou uma estratégia e introduziu no programa original, os procedimentos computacionais para a execução de seu objetivo. Assim sendo, reelaborou o programa **quadro1**, como apresentado abaixo, com resultado ilustrado a seguir.

```
ap quadro1
vire 30
repita 3 [ande 120 vire 120]
vire 60
un
ande 15
vire -90
ul
repita 4 [ande 90 vire 90]
vire 90
ande 45
invisível
repita 360 [ande 1 vire 1]
fim
```

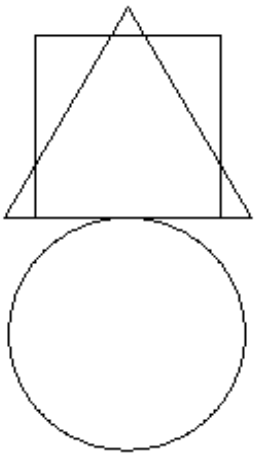


Figura 8.104 – Primeira tentativa de construção do Quadro 1
com triângulo, quadrado e circunferência

Analisando e refletindo sobre a figura acima obtida, o sujeito observou que o resultado não correspondia ao objetivo planejado, qual seja, a coordenação dos três polígonos isoperimétricos dispostos como na Figura 8.100. Recorrendo aos procedimentos computacionais, refletindo sobre suas estratégias e depurando-as, o sujeito constatou ter usado na construção da circunferência a mesma estratégia utilizada na construção do triângulo e do quadrado, em cuja construção, no **repita**, o comando de mudança de direção (**vire**) possuía como argumento um valor positivo, sendo que o posicionamento inicial da tartaruga, por ele definido, estava sobre o ponto médio das bases do triângulo e do quadrado, direcionada para a esquerda.

Observa-se que, fatos importantes ocorreram no processo de elaboração das estratégias pelo sujeito, nas quais, este definia o posicionamento e a direção inicial da tartaruga. Esses fatos foram fundamentais para a planificação de seus procedimentos computacionais, pois com eles, o Sujeito B alcançaria o objetivo almejado – a construção da circunferência na posição correta.

Analisando a composição das estratégias do sujeito pesquisado, infere-se que, para a construção do triângulo e do quadrado, a tartaruga partiu dos vértices inferiores direito, direcionada de acordo com o ângulo externo de cada uma dessas figuras (120^o para o triângulo e 90^o para o quadrado). A partir daí, a tartaruga construiu esses polígonos, no sentido anti-horário (resultado da estratégia de ter utilizado como argumentos dos comandos **ande** e **vire** (valores positivos).

Na reestruturação do programa computacional que gerou a circunferência, o sujeito manteve a tartaruga posicionada no ponto médio da base do triângulo, direcionada para a esquerda. Dessa forma, ele observou que, para atingir seu objetivo – construir a circunferência na posição correta – tal construção deveria ocorrer no sentido horário, e não anti-horário, como o realizado. Assim sendo, o sujeito reviu sua estratégia anterior, e, analisando seu programa computacional **quadro1**, concluiu que, no comando **repita 360 [ande 1 vire 1]**, o argumento do comando **vire** deveria ser negativo (**vire -1**). Com a implementação desta alteração, ele obteve o resultado apresentado abaixo.

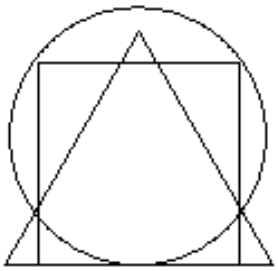


Figura 8.105 – Segunda tentativa de construção do Quadro 1
com triângulo, quadrado e circunferência

Analisando os procedimentos computacionais apresentados pelo sujeito, no programa **quadro1**, com o qual ele construiu a figura acima, a pesquisadora observou que, na construção da circunferência, o sujeito não levou em consideração os conceitos de **simetria** em relação ao eixo vertical, passando pelo ponto médio da base do triângulo. Dessa forma, a pesquisadora questionou o sujeito sobre o posicionamento da circunferência em relação aos outros dois polígonos.

O sujeito, analisando o programa computacional **quadro1** e refletindo sobre o comando **repita 360 [ande 1 vire -1]**, responsável pela construção da circunferência, respondeu que, ao posicionar a tartaruga no ponto médio da base do triângulo, ele executou a circunferência sem se preocupar com outros detalhes. Nesse momento, a pesquisadora sugeriu ao Sujeito B que observasse novamente o esboço de seu projeto e lançou a pergunta: *Em seu esboço do Quadro 1, você levou em conta a simetria entre os polígonos?*

Assim sendo, o Sujeito B, comparando o resultado obtido com seu esboço inicial que servia de modelo e referência para a resolução do problema atual, expressou seu pensamento pelas palavras: "*Mas aparentemente todas as figuras estão simétricas*".

Com o objetivo de propiciar ao sujeito recursos adicionais para uma análise mais detalhada da figura, a pesquisadora solicitou que ele ampliasse o resultado final obtido, utilizando o comando **zoom**, recurso anteriormente utilizado pelo sujeito durante a execução do Projeto 1. Dessa forma, ampliando a figura com um fator 2, o sujeito obteve, como resultado, a figura abaixo representada.

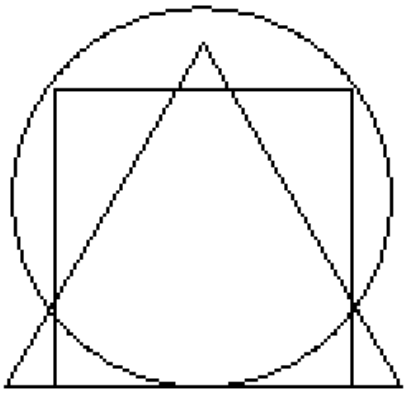


Figura 8.106 – Ampliação da Figura 8.105

Escolhendo como referência, na figura acima, os vértices superiores do quadrado, e os pontos determinados pela interseção da circunferência com o triângulo, o sujeito constatou um ligeiro deslocamento da circunferência para a esquerda, detalhe que, como ele próprio afirmou, não foi evidenciado na análise anterior da Figura 8.105.

Nesse momento, a pesquisadora lançou ao sujeito a seguinte questão: "*Com os recursos computacionais que você conhece, como você resolveria o problema da não simetria da circunferência em relação ao eixo vertical, passando pelo ponto médio das bases do triângulo e do quadrado*?".

Apesar do sujeito já ter trabalhado anteriormente na representação de circunferências no ambiente do Logo Bidimensional, nesse momento ele não se mostrava seguro para responder ao questionamento acima. A pesquisadora percebeu que ele estava considerando que a figura desenhada na tela apresentava propriedades da circunferência tradicionalmente construída com compasso mecânico. Dentre elas, a estabelecida na definição de circunferência, qual seja, **circunferência é o lugar geométrico dos pontos equidistantes do centro**, e a de uma reta tangente: **"Qualquer tangente[31] é perpendicular ao raio que tem extremo no ponto de tangência"** (Jakubo et al., 1994, p.157). Dessa forma, a pesquisadora solicitou ao sujeito que este refletisse sobre a estratégia utilizada para a representação da circunferência e recebeu a seguinte resposta do sujeito: "*A circunferência está representada por um polígono regular com 360 lados"*.

Com base nessa resposta acima, a pesquisadora discutiu com o sujeito sobre a sua estratégia utilizada na representação da circunferência e, dessa forma, o sujeito percebeu que na "circunferência" construída com a estratégia acima, a definição (circunferência é o lugar geométrico dos pontos equidistantes do centro), e a propriedade de uma reta tangente (qualquer tangente é perpendicular ao raio que tem extremo no ponto de tangência), não se aplicam. Uma vez que a circunferência foi representada por um polígono regular com 360 lados unitários, as distâncias entre o centro da circunferência e os diferentes pontos sobre os segmentos que constituem os lados do polígono, não são iguais. Além deste fato, a interseção da circunferência com as bases do triângulo e do quadrado (as quais estariam contidas na reta tangente) não definem um único ponto de contato, mas sim um dos lados do polígono regular com 360 lados.

Nesse momento, o sujeito refletiu e comentou "*Se eu construísse a circunferência com 3.600 lados, mantendo o mesmo perímetro, o tamanho dos lados seriam tão pequenos que a circunferência teria a mesma propriedade que aquela construída com compasso*".

Analisando a afirmação acima, infere-se que a circunferência com perímetro igual a 360 passos, construída com 3.600 lados, possui lados cujos comprimentos correspondem a 0,1 passos (360 / 3.600).

Refletindo sobre o comentário elaborado pelo sujeito, conclui-se que ele entendeu a diferença entre **construir** uma circunferência na tela do computador, e **representar** uma circunferência na tela do computador. Enquanto sua **construção** nos permite não só **visualizar** sua forma geométrica, mas também **garante a aplicabilidade das propriedades matemáticas** a ela relacionadas, sua **representação** nos permite tão somente **visualizar** sua

---

31 O termo *tangente* significa *que tange*. Assim, uma reta é tangente a uma circunferência quando possui um único ponto de contato com ela.

forma na tela, uma vez que as propriedades da figura assim construída, são as mesmas do polígono utilizado para a sua representação.

Convém notar que uma circunferência pode ser construída por diferentes estratégias. Pode-se construir uma circunferência utilizando compasso mecânico, ou através da utilização de estratégia que simule a utilização de um compasso mecânico, como já apresentado durante a execução do Projeto 1 do presente Estudo de Caso (Item 4.1.6.1.3). Com a utilização das estratégias mencionadas, qualquer ponto sobre a circunferência dista igualmente do seu centro, e as demais propriedades da circunferência se aplicam.

Uma estratégia que poderia ser utilizada para a representação de uma circunferência seria construir um polígono com um número grande de lados. **À medida que o número de lados crescesse** (do ponto de vista matemático, tendesse a infinito), **os comprimentos dos lados seriam cada vez menores** e, dessa forma, no limite, **qualquer ponto sobre a circunferência estaria a uma mesma distância do seu centro**. Nesse caso, seriam válidas as demais propriedades matemáticas relacionas com a circunferência.

Na construção do Quadro 1, ao definir-se pela estratégia de construção de um polígono regular com um número grande de lados, o sujeito está construindo a representação de uma circunferência. No polígono regular com 360 lados de comprimento unitário, os comprimentos dos lados (1 passo da tartaruga), em relação ao perímetro (360 passos), não foram pequenos o suficiente para que a propriedade da reta tangente se aplicasse. Dessa forma, o centro da circunferência representada não está localizado sobre a mediatriz dos segmentos que representam as bases do triângulo equilátero e do quadrado. Como consequência, ocorreu o deslocamento da circunferência para a esquerda, como observado na Figura 8.106.

Uma vez que o comprimento da circunferência estava previamente definido (360 passos), uma possível estratégia seria sua **representação** por um polígono com um número de lados maior que 360, como o sugerido acima pelo sujeito. Apesar da utilização desta nova estratégia poder resultar em uma solução, na qual o conceito de simetria estaria implícito, a pesquisadora decidiu não explorá-la, certo de que a manutenção da utilização do polígono regular com 360 lados resultaria em oportunidades mais ricas para a exploração de conceitos matemáticos.

É bom lembrar que é mais comum associar o **tamanho do raio** à circunferência construída com **compasso mecânico**. Porém, é mais comum associar o **comprimento da circunferência** à circunferência construída com a estratégia mencionada, ou seja, **representação da circunferência por polígonos regulares**.

Uma vez que na presente tarefa, construção do Quadro1, o objetivo do sujeito consiste na construção de uma **circunferência com o mesmo perímetro do triângulo e do quadrado** (360 passos da tartaruga), este fato justifica a escolha do sujeito pela estratégia acima para a representação da circunferência, qual seja, a utilização de um polígono regular com 360 lados de comprimento unitário.

Ressalta-se que, após estas discussões e explorações sobre a diferença entre a representação e a construção de uma circunferência, o sujeito compreendeu o verdadeiro significado da representação da circunferência da Figura 8.105 no ambiente Logo, isto é, como sendo um polígono regular com 360 lados. Continuando no processo de resolução de

seu problema – representação e coordenação dos três polígonos – e com o objetivo de buscar estratégias que pudessem resolver o problema da não simetria da circunferência em relação ao eixo vertical que passa pelo ponto médio das bases do triângulo e do quadrado, o sujeito transpôs seus conhecimentos sobre simetria, explorados na construção do quadrado (Item 8.2.5.1.1.2) para a nova situação.

Assim, ele fez com que o ponto médio da base do polígono de 360 lados (com lados unitários) passasse a coincidir com os pontos médios das bases do triângulo e do quadrado. Para obter este resultado, na reestruturação do programa **quadro1**, ele recuou a tartaruga um valor 0,5 (metade do lado do polígono de 360 lados) em relação ao ponto médio da base do triângulo e do quadrado, mantendo a estratégia anteriormente elaborada, como reproduzido abaixo.

```
ap quadro1
vire 30
repita 3 [ande 120 vire 120]
vire 60
un
ande 15
vire -90
ul
repita 4 [ande 90 vire 90]
vire 90
ande 45
invisível
ande -0.5
repita 360 [ande 1 vire -1]
ande 0.5
fim
```

A seguir apresenta-se o resultado final, obtido com a reestruturação do programa **quadro1**. Objetivando propiciar ao leitor condições de comparações do resultado final (Figura 8.107 (a)) com o resultado obtido anteriormente (Figura 8.105), apresenta-se também a sua ampliação.

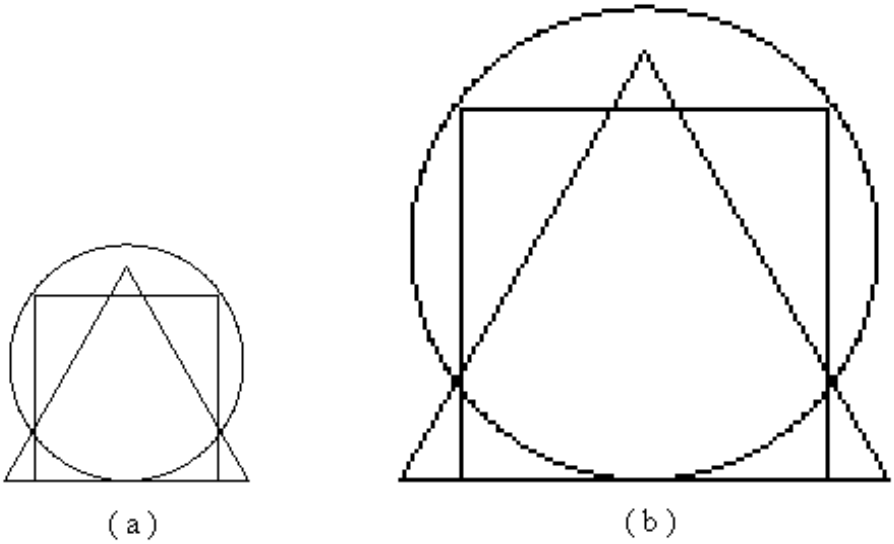


Figura 8.107 – Quadro 1: Coordenação dos polígonos
(a) Construção original
(b) Construção ampliada

Recorrendo aos mesmos pontos de referência utilizados na constatação do deslocamento da circunferência para a esquerda nas Figuras 8.105 e 8.106, quais sejam, **os vértices do quadrado e os pontos determinados pela interseção da circunferência com o triângulo**, o sujeito analisou atentamente a Figura 8.107 (b) e concluiu que, com a presente estratégia de representação da circunferência, passava a existir uma perfeita simetria lateral dos três polígonos (triângulo, quadrado e polígono com 360 lados), em relação a um eixo vertical, que passa pelo ponto médio da base do triângulo, ou seja, em relação à mediatriz dos segmentos que representam as bases dos três polígonos utilizados.

Ressalta-se que a estratégia utilizada pelo sujeito na construção da circunferência, estratégia essa que emergiu durante a coordenação do quadrado com o triângulo, está intimamente relacionada com a estratégia que foi empregada na construção da Figura 8.18 (a), do Projeto 1, deste Estudo de Caso. A diferença entre elas consiste no fato de que no Projeto 1 buscou-se construir uma poligonal aberta (semicircunferência), e que o eixo de simetria posicionava-se horizontalmente.

Como já mencionado no primeiro projeto deste Estudo de Caso – Moinho acionado a vento – os sujeitos pesquisados não haviam aprendido na escola conceitos sobre Simetria. Dessa forma, ressalta-se que o presente contexto contribuiu para a exploração de conceitos matemáticos, de maneira concisa, propiciando um ambiente, no qual o sujeito deste projeto, através de situações problema, compreendeu o verdadeiro significado dos conceitos matemáticos surgidos nessa interação.

Dessa forma, o sujeito concluiu com êxito a coordenação dos três polígonos, na qual foi observada a **simetria** em relação ao eixo vertical que passa pelo ponto médio de suas bases.

8.2.5.1.1.4) Construção da Moldura

Uma vez obtida a coordenação dos polígonos com os procedimentos do programa **quadro1** acima apresentado, o sujeito passou a refletir sobre a construção da moldura a ser utilizada no quadro. Dessa forma, considerou que, ao terminar a coordenação dos polígonos a tartaruga estava posicionada no ponto médio das bases, voltada para a esquerda. Inicialmente testou diferentes valores de deslocamentos e de giros para definir a posição do canto esquerdo inferior da moldura (vértice inferior esquerdo do retângulo que representaria a moldura), bem como para a composição da moldura (dimensões do retângulo). Após tentativas e estratégias incorretas, considerando que a maior dimensão horizontal correspondia à da base do triângulo, e que a maior dimensão vertical correspondia ao diâmetro da circunferência, o sujeito concluiu que, se levasse em consideração esses valores, conseguiria construir uma moldura apresentando simetria.

Uma vez que o comprimento da base do triângulo já era conhecido (120), o sujeito recorreu à expressão matemática que relaciona o comprimento da circunferência com seu diâmetro, para calcular esse último. Assim sendo, o sujeito utilizou a seguinte relação matemática:

$$c = 2\pi r$$

na qual **c** representa o comprimento da circunferência ($c = 360 * 1 = 360$), **π** é o número 3,141592 e **r** é a medida do raio da circunferência.

Decorrente da expressão acima, tem-se:

$$d = c / \pi$$

na qual **d** representa a medida do diâmetro. Dessa forma, o sujeito obteve:

$$d = 360 / \pi = 114{,}6$$

Conhecendo os valores acima, o sujeito elaborou o sub-procedimento computacional **moldura1** abaixo reproduzido, o qual foi incorporado ao programa **quadro1**, em seqüência aos comandos que constroem a circunferência.

```
ap moldura1
un
vire 90
mudeel [3 3]
ande 50
vire -90 ul
ande 60
ande 50
vire -90
ande 114.6 + 100
vire -90
ande 220
vire -90
ande 114.6 + 100
```

```
vire -90
ande 170
mudeel [1 1]
fim
```

O resultado obtido está apresentado na figura abaixo.

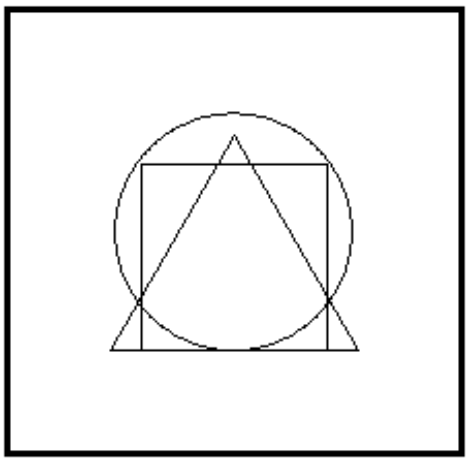


Figura 8.108 – Quadro1

Analisando a Figura 8.108, verifica-se a existência de simetria em relação ao eixo vertical que passa pelo ponto médio da base do triângulo. Ressalta-se que, ao iniciar a construção do referido quadro, a tartaruga encontrava-se na posição ocupada pelo vértice direito do triângulo, direcionada para cima. A consideração desta referência será importante no momento de posicionar o quadro na parede lateral da sala, como representado no esboço da sala realizado pelo sujeito (Figura 8.85).

Uma vez que o quadro acima constitui-se na primeira parte de um projeto maior – **construção da representação de uma sala** – do qual não se possui, nesse momento, definições sobre as dimensões a serem utilizadas para a representação das paredes, no ambiente Logo, a pesquisadora questionou ao sujeito se ele seria capaz de reestruturar o programa computacional que gera o quadro, de modo a torná-lo um programa genérico, isto é, que aceite como entrada, um valor de referência a ser definido pelo usuário.

8.2.5.1.1.5) Construção do Quadro 1 com Dimensões Definidas pelo Usuário (Variáveis)

O sujeito, analisando a questão apresentada pela pesquisadora, compreendeu que as dimensões do quadro representado na Figura 8.108, eram grandes demais para o tamanho da sala que ele imaginava construir. Todavia, ele considerou adequada a relação entre os elementos que constituem o quadro e o tamanho da moldura. Dessa forma, o sujeito expressou que seria de seu interesse que o programa a ser construído alterasse somente as medidas, mantendo a forma e as relações entre seus diversos elementos.

Uma vez que o sujeito já havia adquirido em situações anteriores, ao trabalhar com Logo, o significado do **Teorema da Similitude**, expresso por "**Se em um procedimento que produz uma figura, mantêm-se os ângulos e duplicam-se, por exemplo, as longitudes, obtém-se a mesma forma que a figura original, porém de tamanho duplicado**" (Reggini,

1986, p.110), era de seu conhecimento que, para alcançar o objetivo desejado, ele deveria alterar de forma adequada os deslocamentos longitudinais da tartaruga, mantendo os ângulos de giro.

Assim sendo, elegendo como referência o perímetro dos polígonos (360 passos da tartaruga), o sujeito utilizou o conceito de proporção e estabeleceu a seguinte relação:

$$\frac{\text{valor antigo}}{360} = \frac{\text{valor novo}}{x}$$

na qual **valor antigo** é qualquer um dos valores definidos no comando de deslocamento (**ande**), no programa **quadro1**; **valor novo** é o novo valor a ser atribuído no comando de deslocamento no novo programa, **360** é o valor do perímetro dos polígonos no programa **quadro1**; e **x**, variável de entrada (referência), é o novo valor atribuído aos perímetros dos polígonos, no novo programa.

Dessa forma obtém-se a seguinte expressão para **valor novo**:

valor novo = x / (360 / valor antigo)

Assim sendo, o sujeito reestruturou seu programa **quadro1**, anteriormente definido, criando o programa **gravura1 :x**, abaixo apresentado, com sub-procedimentos e, além disso, substituindo os valores constantes de deslocamento por variáveis.

```
ap quadro1 :x
tria :x
quadra :x
circo :x
moldura :x
fim

ap tria :x
vire 30
repita 3 [ande :x / 3 vire 120]
vire 60
un
ande :x / 24
vire -90
ul
fim

ap quadra :x
repita 4 [ande :x / 4 vire 90]
vire 90
ande :x / 8
fim
```

```
ap circo :x
invisível
ande -:x / 720
repita 360 [ande :x / 360 vire -1]
ande :x / 720
fim

ap moldura :x
vire 90
un
mudeel [3 3]
ande :x / 7.2
vire -90
ul
ande :x / 3.2727
vire -90
ande :x / 1.677
vire -90
ande :x / 1.636
vire -90
ande :x / 1.677
vire -90
ande :x / 3.2727
mudeel [1 1]
fim
```

Ao reestruturar o procedimento computacional anteriormente definido, tornando genérico o tamanho do Quadro 1, com suas formas mantidas inalteradas, o sujeito mostrou existir, implícito a suas estratégias, conceitos de variáveis.

Dessa forma, o sujeito concluiu com sucesso a construção do projeto **Quadro 1**, e passou à construção do **Quadro 2**, com elaboração posterior de um procedimento computacional que aceita como entrada uma variável definida pelo usuário, a qual define o tamanho das figuras do quadro.

8.2.5.1.2) Construção do Quadro 2

O **Quadro 2** envolve a coordenação de um triângulo com uma circunferência, conforme o modelo abaixo apresentado.

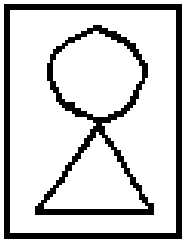


Figura 8.109 – Modelo do Quadro 2

Uma vez que o sujeito já havia elaborado procedimentos computacionais que construíam triângulos e circunferências, resolveu lançar mão da mesma estratégia e utilizar os mesmos procedimentos computacionais para a construção e coordenação dos polígonos. Assim sendo, tendo definido pela construção de polígonos isoperimétricos, utilizando o valor 360 como perímetro, partiu dos programas anteriores para a definição de um programa que realizasse a coordenação conforme o modelo acima.

8.2.5.1.2.1) Construção do Triângulo

Utilizando o programa **tria :x** já definido durante a construção anterior**,** e atribuindo como entrada o valor **360**, o sujeito construiu o triângulo abaixo apresentado, no qual está mostrada a posição final da tartaruga.

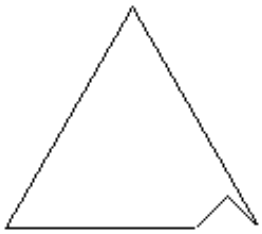


Figura 8.110 – Triângulo construído com o programa **tria :x**

Uma vez que o programa acima havia sido elaborado, levando-se em conta a coordenação do quadrado, ao finalizar a construção do triângulo, a tartaruga estava posicionada à esquerda do vértice direito do triângulo, como mostrado na figura acima. Esse detalhe influenciou o sujeito, que, em seguida, comentou que, no quadro deveriam ser observadas as leis da simetria em relação ao eixo vertical que passa pelo ponto médio da base do triângulo. Dessa forma, o sujeito deslocou a tartaruga para o ponto médio da base do triângulo, e por tentativas, buscou posicioná-la no vértice superior do triângulo.

Ressalta-se que o sujeito, na coordenação de suas estratégias, não obteve sucesso em posicionar a tartaruga no vértice do triângulo, fazendo-a deslocar um número de passos inteiros sobre a reta vertical que passa pelo ponto médio da base (e pelo vértice superior do triângulo). Assim sendo, a pesquisadora questionou ao sujeito se esse não conhecia alguma relação matemática que lhe permitisse calcular a distância que a tartaruga deveria se deslocar (altura do triângulo equilátero). O sujeito respondeu que conhecia o teorema de Pitágoras, mas que, para utilizá-lo, teria que realizar alguns cálculos, os quais estão apresentados abaixo.

$$\text{altura} = \sqrt{(\text{lado})^2 - (\text{lado} / 2)^2} = \sqrt{120^2 - 60^2} = 103{,}9$$

O conhecimento do valor correspondente à altura do triângulo possibilitou ao sujeito a utilização da estratégia acima para o posicionamento da tartaruga no vértice superior do triângulo. Nota-se que o segmento de reta correspondente à altura do triângulo equilátero posiciona-se sobre o eixo vertical de simetria, a ser considerado durante a construção da circunferência.

Tendo obtido sucesso no posicionamento da tartaruga, com a utilização da estratégia acima, o sujeito partiu para a exploração de diferentes estratégias para a concretização de seu

objetivo. Uma das estratégias bem sucedidas consistiu em posicionar a tartaruga sobre o vértice direito do triângulo e caminhar sobre a lateral direita até atingir o vértice superior, no qual posicionou a tartaruga voltada para cima.

8.2.5.1.2.2) Representação da Circunferência

Com a tartaruga no vértice superior, direcionada para cima, o sujeito representou a circunferência, utilizando o procedimento, **repita 360 [ande 1 vire 1]**, obtendo como resultado a figura abaixo.

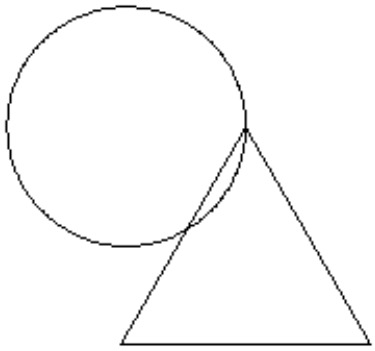


Figura 8.111 – Primeira tentativa de coordenação da circunferência com o triângulo

Uma vez que a figura não coincidia com o modelo do quadro, e tendo obtido sucesso na coordenação da circunferência, na construção do quadro anterior, o sujeito recorreu ao programa **quadro1**, anteriormente elaborado por ele, com o objetivo de recuperar a estratégia utilizada com êxito, naquele momento, e constatou que havia utilizado como argumento do comando de giro um valor negativo. Assim sendo, o sujeito reestruturou o procedimento acima em, **repita 360 [ande 1 vire -1]**, o qual resultou em uma figura simétrica à acima apresentada, tomando-se como referência o eixo vertical que passa pelo vértice superior e pelo ponto médio da base do triângulo, como mostrado na figura abaixo.

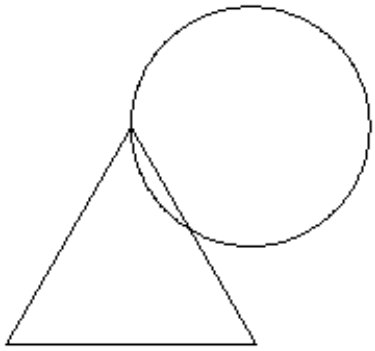


Figura 8.112 – Segunda tentativa de coordenação da circunferência com o triângulo

Comparando as Figuras 8.111 e 8.112, o sujeito concluiu que ambas não atendiam ao seu intento, porém, esse insucesso possibilitou-lhe extrair a seguinte conclusão: "*Se mantenho os comandos de deslocamento e troco o sinal do valor que a tartaruga gira, eu construo uma figura simétrica*".

A conclusão acima está contida no **Teorema da Simetria** enunciado em Reggini (1986) e já apresentado no Capítulo 4, desta pesquisa: "**Se em um procedimento que produz uma figura mantêm-se as longitudes e invertem-se os sentidos dos giros dos ângulos, obtém-se a imagem espectral da figura original**" (p.73).

Nesta interação, o sujeito compreendeu o processo de elaboração de uma estratégia que produz figuras simétricas, e constatou que a origem do seu problema não estava associada unicamente à estratégia de representação da circunferência.

Após ter representado isoladamente a circunferência, e ter observado seu posicionamento na tela, em relação ao estado inicial da tartaruga, o sujeito concluiu que, para atender ao seu objetivo (coordenação da circunferência com o triângulo, segundo o modelo apresentado na Figura 8.109), a tartaruga deveria estar direcionada para um dos lados, e não para cima, como nas construções das Figuras 8.111 e 8.112. Além disso, o sujeito entendeu que o sentido de giro da tartaruga, ao representar a circunferência, estaria associado com a direção inicial da tartaruga. Dessa forma, com a tartaruga posicionada horizontalmente sobre o vértice superior do triângulo, o sujeito a posicionou para a esquerda e implementou o procedimento **repita 360 [ande 1 vire -1]**, obtendo uma figura que se assemelhava ao modelo do quadro (Figura 8.109).

Ressalta-se que o sujeito já havia vivenciado esta associação entre o posicionamento da circunferência na tela e o direcionamento inicial da tartaruga, ao construir o Quadro 1, mais especificamente durante as construções das Figuras 8.104 e 8.105. Porém, foi na presente interação que o sujeito, realmente, compreendeu o significado do **Teorema da Simetria**.

Superando os obstáculos acima descritos, e após relacionar a presente estratégia com a utilizada na construção final do Quadro 1, o sujeito observou não ter obedecido a **simetria** desejada, na coordenação dos dois polígonos (triângulo e quadrado).

Assim sendo, transpondo os conhecimentos anteriores sobre coordenação de polígonos e simetria, o sujeito reestruturou o procedimento computacional acima, fazendo o ponto médio da base do polígono, utilizado para a representação da circunferência, coincidir com o vértice superior do triângulo. Dessa forma o sujeito finalizou com sucesso a coordenação do triângulo com a circunferência, no qual se respeitou a **simetria** dos polígonos em relação ao eixo vertical que passa pelo ponto médio da base do triângulo.

8.2.5.1.2.3) Construção da Moldura

No processo de construção da moldura do Quadro 2, o sujeito, considerando que a base do triângulo representa a maior dimensão horizontal, e tendo calculado o valor correspondente à soma da altura do triângulo com o diâmetro da circunferência, compôs uma estratégia que manteve a simetria do todo, na elaboração do procedimento que constrói a moldura. Dessa forma, o sujeito apresentou o seguinte programa computacional que constrói o Quadro 2.

```
ap quadro2
invisível
vire 30
repita 3 [ande 120 vire 120]
ande 120
vire 60
ande -0.5
repita 360 [ande 1 vire -1]
ande 0.5
vire 90
un ande 153.92
vire 90
ande 110
vire 90
ul
mudeel [3 3]
repita 2 [ande 318.5 vire 90 ande 220 vire 90]
mudeel [1 1]
fim
```

Apresenta-se abaixo o resultado final do Quadro 2.

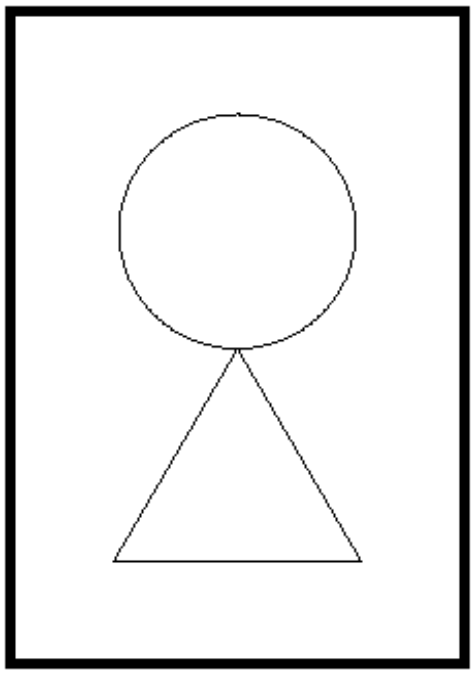


Figura 8.113 – Quadro 2

Ressalta-se que ao iniciar a construção do quadro acima, a tartaruga encontrava-se na posição ocupada pelo vértice direito do triângulo, direcionada para cima. Como já mencionado durante a construção do quadro anterior, a consideração desta referência será importante no momento de posicionar o quadro na parede lateral da sala, como representado no esboço da sala realizado pelo sujeito (Figura 8.85).

8.2.5.1.2.4) Construção do Quadro 2 com Dimensões Definidas pelo Usuário (Variáveis)

O sujeito, transpondo a estratégia anteriormente utilizada na generalização do programa que constrói o Quadro 1, para a construção de um programa genérico que constrói o Quadro 2, ou seja, **valor antigo / 360 = valor novo / x**, apresentou o programa computacional abaixo ilustrado, no qual **x**, variável de entrada, representa o novo perímetro dos polígonos que constituem o quadro.

```
ap gravura2 :x
invisível
vire 30
repita 3 [ande :x / 3 vire 120]
ande :x / 3
vire 60
ande -:x / 720
repita 360 [ande :x / 360 vire -1]
ande :x / 720
vire 90
un ande :x / 2.34
vire 90
ande :x / 3.28
vire 90
ul
mudeel [3 3]
repita 2 [ande :x / 1.13 vire 90 ande :x / 1.636 vire 90]
mudeel [1 1]
fim
```

8.2.5.1.3) Construção do Quadro 3

8.2.5.1.3.1) Construções das Circunferências

A construção do Quadro 3 envolve a coordenação de circunferências, conforme o modelo abaixo.

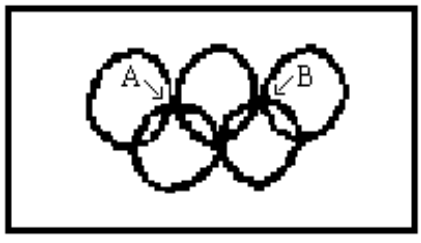


Figura 8.114 – Modelo do Quadro 3 com os pontos de referência

Durante as construções dos quadros anteriores (Quadros 1 e 2), o sujeito já havia elaborado procedimentos computacionais que construíam representações de circunferências. Assim sendo, ele resolveu transpô-las para o novo contexto, isto é, utilizar as mesmas estratégias para a construção e coordenação dos polígonos. Assim sendo, optando e definindo-se pela construção de polígonos isoperimétricos, utilizando o valor 360 como

perímetro, ele partiu dos procedimentos anteriores para a definição de um programa que realizasse a coordenação, conforme o modelo acima.

Analisando o modelo do quadro, o sujeito observou a existência de dois pontos, os quais, segundo ele, constituem-se em importantes referências. Trata-se dos dois pontos nos quais duas das circunferências superiores tangenciam-se, e no qual as duas circunferências inferiores cortam as superiores (pontos A e B representados na Figura 8.114 acima).

Dessa forma, fazendo o ponto referência esquerdo (ponto A) coincidir com o centro da tela, e conhecendo a distância entre esses dois pontos (o segmento AB tem como medida o comprimento do diâmetro da circunferência por ele já calculado: d = 114,6), o sujeito elaborou o programa computacional representado, com resultado ilustrado na Figura 8.115, apresentado a seguir. Nesse resultado intermediário, foram ressaltados os pontos de referência utilizados (pontos A e B).

```
ap quadro3
ande -0.5 repita 360 [ande 1 vire 1]
repita 360 [ande 1 vire -1]
ande 0.5 vire 90 ande -0.5
repita 360 [ande 1 vire 1] ande 0.5
un ande -114.6 ul
ande -0.5 repita 360 [ande 1 vire 1] ande 0.5
vire -90
ande -0.5 repita 360 [ande 1 vire -1] ande 0.5
fim
```

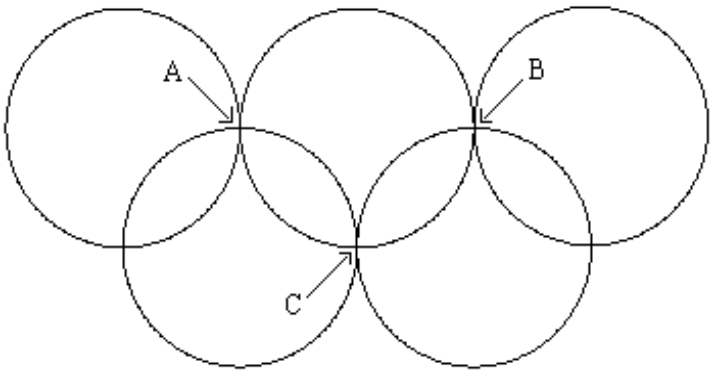


Figura 8.115 – Coordenação das circunferências e pontos de referência

Analisando os procedimentos computacionais do programa **quadro3**, observa-se que no processo de representação de cada circunferência individual notou-se a existência de simetria em relação aos eixos coordenados x e y passando seu centro, e que, a figura resultante da coordenação das cinco circunferências é simétrica em relação ao eixo vertical que passa pelo ponto C (eixo médio da figura resultante).

No processo de construção da figura acima, a tartaruga, inicialmente posicionada no centro da tela (ponto A) e direcionada para cima, construiu a representação das duas circunferências tangentes da esquerda, e a circunferência secante a essas duas. A partir desse

ponto, a tartaruga foi deslocada para o ponto referência da direita (ponto B), construindo, em seguida, a segunda circunferência secante, e finalmente a terceira circunferência tangente.

Uma vez que o sujeito havia concluído com sucesso a tarefa de coordenação dos polígonos que representam as circunferências, a pesquisadora solicitou que ele comparasse a estratégia com a qual ele construiu as circunferências, no presente projeto, com a estratégia empregada na construção do telhado no primeiro projeto deste Estudo de Caso – Moinho acionado a vento.

Após comparações e reflexões, o sujeito respondeu dizendo que, em ambas construções, havia sido observada a existência de simetria dos polígonos que representam as circunferências, em relação aos eixos horizontal e vertical passando pelos seus centros. A única diferença verificada consistiu na estratégia utilizada. Na construção do telhado (Projeto 1), ele utilizou a estratégia que emergiu da representação da Figura 8.18 (b) do problema intermediário apresentado pela pesquisadora. Na representação das circunferências presentes nos quadros do presente projeto, a estratégia utilizada foi semelhante àquela que emergiu da representação da Figura 8.18 (a), embora ela tenha sido concebida em decorrência da coordenação dos polígonos do Quadro 1 (triângulo, quadrado e circunferência).

Nesse momento, a pesquisadora questionou ao sujeito se a utilização da estratégia empregada na construção do telhado seria aplicável à presente situação. Refletindo sobre seu problema, o sujeito elaborou o programa computacional **estratégia.nova**, abaixo apresentado, com o qual construiu uma nova versão da coordenação das circunferências, obtendo resultado idêntico ao expresso pela Figura 8.115, razão pela qual não foi reproduzido.

```
ap estratégia.nova
vire 0.5 repita 360 [ande 1 vire 1]
vire -1 repita 360 [ande 1 vire -1] vire 0.5
vire 90
vire 0.5 repita 360 [ande 1 vire 1] vire -0.5
un ande -114.6 ul
vire 0.5 repita 360 [ande 1 vire 1] vire -0.5
vire -90
vire -0.5 repita 360 [ande 1 vire -1] vire 0.5
fim
```

Analisando o programa acima, observa-se que a interseção do polígono que representa a circunferência, com as bases do triângulo e do quadrado, define um único ponto de contato (vértice inferior do polígono). Este fato não ocorreu quando da representação da circunferência utilizando a estratégia anterior, como explorado durante a construção do Quadro 1.

Ressalta-se que o sujeito demonstrou ter compreendido plenamente a estratégia de representação de uma circunferência por um polígono regular com um número grande de lados, na qual um dos diâmetros se posiciona paralelo a um eixo horizontal, na medida em que ele mostrou ser possível, no presente problema, a utilização de estratégias semelhantes às que emergiram durante a construção do Projeto 1.

8.2.5.1.3.2) Construção da Moldura

No processo de construção da moldura do Quadro 3, o sujeito levou em consideração o valor calculado para o diâmetro das circunferências e fez composições para determinar as dimensões horizontais e verticais associadas à composição resultante. Com esses valores compôs uma estratégia que mantinha a simetria do todo, na elaboração do procedimento que constrói a moldura.

Assim sendo, o sujeito apresentou a seguinte versão para o programa **quadro3**, a qual constrói o Quadro 3.

```
ap quadro3
ande -0.5 repita 360 [ande 1 vire 1]
repita 360 [ande 1 vire -1]
ande 0.5 vire 90 ande -0.5
repita 360 [ande 1 vire 1] ande 0.5
un ande -114.6 ul
ande -0.5 repita 360 [ande 1 vire 1] ande 0.5
vire -90
ande -0.5 repita 360 [ande 1 vire -1] ande 0.5
vire -90
vire 90
un ande -164.6
vire 90
ande 164.6
ul mudeel [ 5 5 ]
vire 180
repita 2 [ande 271.9 vire 90 ande 443.9 vire 90]
mudeel [ 1 1 ]
fim
```

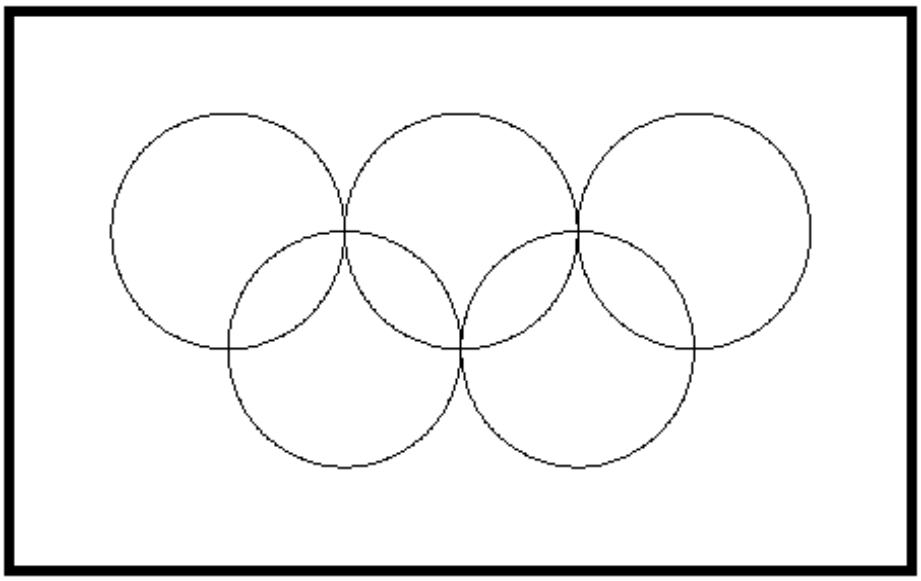


Figura 8.116 – Quadro 3

Observa-se que, ao iniciar a construção do quadro acima, a tartaruga encontrava-se na posição ocupada pelo ponto de interseção da circunferência inferior da esquerda, com as circunferências tangentes (Ponto A da Figura 8.115), direcionada para cima. Como já mencionado durante a construção dos quadros anteriores, a consideração desta referência será importante no momento de posicionar o quadro na parede lateral da sala, como representado no esboço da sala realizado pelo sujeito (Figura 8.85).

8.2.5.1.3.3) Construção do Quadro 3 com Dimensões Definidas pelo Usuário (Variáveis)

Transpondo a estratégia anteriormente utilizada na generalização dos programas que constroem os Quadros 1 e 2, para a construção de um programa genérico que constrói o Quadro 3, ou seja, **valor antigo / 360 = valor novo / x**, o sujeito apresentou o programa computacional abaixo ilustrado, no qual **x**, variável de entrada, representa o novo perímetro das circunferências.

```
ap quadro3 :x
ande -:x / 720 repita 360 [ande :x / 360 vire 1]
repita 360 [ande :x / 360 vire -1]
ande :x / 720 vire 90
ande -:x / 720 repita 360 [ande :x / 360 vire 1] ande :x / 720
un ande -:x / 3.13 ul
ande -:x / 720 repita 360 [ande :x / 360 vire 1] ande :x / 720
vire -90
ande -:x / 720 repita 360 [ande :x / 360 vire -1] ande :x / 720
vire 90
un
ande -:x / 2.18
vire 90
ande :x / 2.18
ul mudeel [ 5 5 ]
vire 180
repita 2 [ande  :x / 1.32 vire 90 ande :x / 0.81 vire 90]
mudeel [ 1 1 ]
fim
```

8.2.5.1.4) Comentários Sobre as Construções Acima

No processo de construção dos Quadros 1, 2 e 3 acima descritos, o sujeito concluiu com sucesso seu objetivo de realizá-los no ambiente do Logo Tridimensional, utilizando, na elaboração dos procedimentos que os compõem, comandos do Logo Tridimensional que descrevem os movimentos da tartaruga em um plano. Justifica-se tal objetivo pelo fato de que esse ambiente será utilizado para a elaboração do atual projeto – construção de uma sala, no qual está presente a terceira dimensão, ou seja, a profundidade.

Numa análise dos procedimentos elaborados, a pesquisadora observou que, ao trabalhar no ambiente tridimensional, o sujeito transpôs seus conhecimentos vivenciados em trabalhos anteriores no ambiente bidimensional. Para atingir esse objetivo o sujeito recorreu à utilização de comandos do Logo Tridimensional, que apresentam correspondência aos comandos de deslocamento e de giro, do Logo Bidimensional (Tabela 8.1).

Durante as construções dos quadros, foram explorados alguns conceitos matemáticos relacionados à Geometria Plana, tais como, isoperimetria, **simetria**, coordenação de figuras geométricas planas, construção de circunferências, conceitos relacionados a geometria das transformações (rotação, reflexão e translação), e o teorema de Pitágoras.

8.2.5.2) A Tartaruga Sai do Plano – Construção do Quadro 1

Nesse momento da interação deste Estudo de Caso, a pesquisadora, objetivando envolver o sujeito no contexto tridimensional, e ainda incitá-lo a construir polígonos com estratégias diferentes das elaboradas no ambiente da tartaruga bidimensional, solicitou que ele construísse, com cartolina, polígonos isoperimétricos, incluindo o triângulo, o quadrado e o círculo.

Dessa forma, utilizando régua, esquadro, compasso e lápis, o sujeito desenhou na cartolina esses polígonos, com perímetros iguais a 360 mm e, em seguida, recortou-os ao longo de seus lados.

Nesse momento, a pesquisadora fez uma nova intervenção, solicitando ao sujeito que descrevesse com a mão a forma desses polígonos.

Manipulando o quadrado, o sujeito colocou a palma de sua mão direita em uma posição perpendicular ao polígono, como ilustrado na figura abaixo, percorrendo-o à medida que sua mão deslizava-se sobre um de seus lados, até o final deste, quando mudou a direção de sua mão realizando um movimento de 90^{o}, para dentro, em torno de seu pulso, fazendo-a deslizar sobre o lado seguinte. Com esses movimentos de deslocamentos e de mudanças de direção, o sujeito completou o contorno do quadrado com a palma de sua mão, em outras palavras, o sujeito recorreu à sintonicidade corporal com o objetivo de extrair as características intrínsecas do polígono em cartolina – quadrado.

É importante notar que sintonicidade corporal pode ser definida como sendo o ato de reproduzir com a mão os movimentos realizados pela tartaruga ao construir uma figura na tela do computador. Este é um recurso poderoso para se obter a verdadeira compreensão dos passos percorridos pela tartaruga ao se deslocar na tela.



Figura 8.117 – Descrição do quadrado com movimentos da mão

Uma vez que já era do conhecimento do sujeito a associação dos possíveis movimentos de mudança de direção da tartaruga tridimensional, com os movimentos de sua mão direita, a pesquisadora questionou-o sobre a possibilidade de reproduzir o movimento realizado pela tartaruga, na construção do quadrado, utilizando a estratégia empregada na construção do Quadro 1.

Assim sendo, o sujeito após rever o programa **quadro1**, mais especificamente o procedimento **repita 4 [ande 90 vire 90]**, com o qual construiu o quadrado, ele mudou a posição da palma de sua mão de forma tal que ela ficasse paralela ao polígono, e realizou movimentos de deslocamentos e de mudanças de direção percorrendo as linhas da figura sobre o plano. Após alguns experimentos, ele respondeu ao questionamento dizendo: "*Durante a construção do quadrado com os comandos **ande** e **vire** a tartaruga percorreu a tela por fora, com sua barriga arrastando sobre ela*".

Como o próprio sujeito declarou, no processo de construção dos quadros, a tartaruga comportou-se como que se estivesse, em todos os momentos, deslocando-se por fora da tela do computador, deixando seu rastro registrado pelo contato de seu casco com a tela. Ressalta-se que esta é a única forma possível da tartaruga deslocar-se no ambiente bidimensional, e foi dessa forma que ocorreram seus deslocamentos durante os processos de construções dos quadros já explorados. Como já comentado, o sujeito transpôs sua experiência anterior de construção de polígonos no ambiente do Logo Bidimensional para o presente ambiente do Logo Tridimensional, na medida em que os únicos comandos utilizados foram os comandos **ande** e **vire**, os quais correspondem aos comandos **parafrente** (ou **paratrás**) e **paraesquerda** (ou **paradireita**) do Logo Bidimensional.

Assim sendo, a pesquisadora lançou um desafio ao sujeito questionando se ele seria capaz de construir uma estratégia em Logo, na qual a tartaruga construísse o quadrado, reproduzindo a posição de sua mão direita, mantendo-a perpendicular ao polígono, ao descrevê-lo.

8.2.5.2.1) Construção de Polígonos com a Tartaruga Perpendicular ao Plano da Tela

Na busca de resolver o desafio proposto, o sujeito realizou simulações com o auxílio de sua mão direita, e experimentou algumas delas no ambiente do Logo Tridimensional, explorando os comandos básicos desse ambiente. Assim sendo, respondeu à pesquisadora dizendo: "*Com o comando **role** posso colocar a tartaruga perpendicular ao plano da tela, e com o comando **cabeceie** posso mudar sua direção*".

8.2.5.2.1.1) Construção do Quadrado

Com esse objetivo em mente, o sujeito tomou como referência o quadrado construído no Quadro 1, quando a tartaruga, inicialmente direcionada para cima, construiu o quadrado com perímetro igual a 360 passos, no sentido anti-horário.

Assim sendo, o sujeito elaborou a programa descrito abaixo, com resultado mostrado na figura a seguir.

```
ap quadrado.tri
role 90
repita 4 [ande 90 cabeceie 90]
fim
```

Visando estabelecer-se uma referência no posicionamento do quadro na tela, apresenta-se, na mesma figura, o sistema de eixos coordenados.

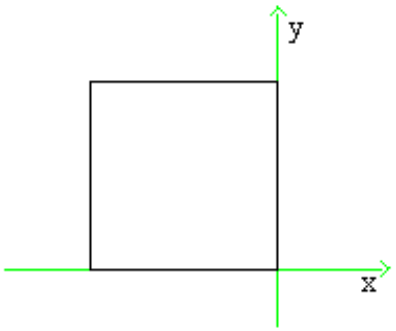


Figura 8.118 – Quadrado construído com a tartaruga perpendicular à tela

Nota-se que o quadrado acima foi construído no segundo quadrante do sistema de eixos coordenados, cuja origem coincide com o centro da tela. No processo de construção, a tartaruga partiu do vértice inferior direito, o qual coincide com o centro da tela e do sistema de eixos, direcionada para cima, com sua carapaça voltada para a direita, desenhando o quadrado no sentido anti-horário.

Em uma nova intervenção, a pesquisadora solicitou ao sujeito para que ele observasse se havia alguma diferença entre o presente quadrado e aquele construído anteriormente durante a elaboração do Quadro 1.

Comparando o quadrado da Figura 8.118 com o quadrado da Figura 8.103, o sujeito respondeu dizendo: "*Não vejo diferença alguma. Os dois parecem ter o mesmo tamanho*".

Em realidade, a diferença não está no resultado da figura apresentada na tela, mas sim em sua concepção. Quando o sujeito construiu o quadrado acima, seu modelo foi o quadrado construído em cartolina, ou seja, um objeto manipulável, com largura, altura e espessura (profundidade). O que está representado na tela é a vista superior desse objeto.

Para que o sujeito entendesse essa característica da figura acima, a pesquisadora sugeriu que ele buscasse rever os conceitos de vista superior, vista frontal e vista lateral[32], de um objeto, apresentadas em seu livro de Matemática, e que ele manipulasse o quadrado construído em cartolina, observando-o de cima, de frente, ou seja, com o objeto posicionado horizontalmente, e do lado direito.

[32] Vista superior é a vista que se tem quando se observa o objeto acima dele. Vista frontal (ou vista de frente) é a vista que se tem quando se olha de frente para o objeto. Vista lateral direita (ou vista do lado direito) é a vista que se tem quando se olha o objeto a partir de seu lado direito (Imenes et al., 1997, p.348).

Tendo atendido à sugestão da pesquisadora, o sujeito respondeu dizendo: "*Visto de cima o objeto tem a forma representada na tela, mas quando o vejo de frente e de lado, vejo um segmento de reta, muito fino*".

Aproveitando a resposta do sujeito, a pesquisadora solicitou se ele saberia representar na tela a vista frontal e a vista lateral do quadrado acima construído.

Para responder à pesquisadora o sujeito refletiu, e concluiu que para enxergar as vistas solicitadas o quadrado deveria estar sobre uma superfície horizontal. Transpondo esta conclusão para o contexto do Logo Tridimensional, o sujeito observou que o quadrado deveria ser construído em um plano perpendicular ao plano da tela. Dessa forma, o sujeito recorrendo à sintonicidade corporal, e após realizar movimentos com sua mão direita, tentando reproduzir os movimentos que a tartaruga deveria realizar ao construir os quadrados, apresentou os programas computacionais abaixo, com resultados reproduzidos a seguir.

```
ap vistafrontal.quadrado
cabeceie 90
quadrado.tri
fim

ap vistalateral.quadrado
cabeceie 90
vire -90
quadrado.tri
fim
```

Apresentam-se a seguir os resultados dos programas acima. Com objetivo de facilitar uma comparação entre as vistas frontal e lateral, elas estão representadas em uma mesma figura.

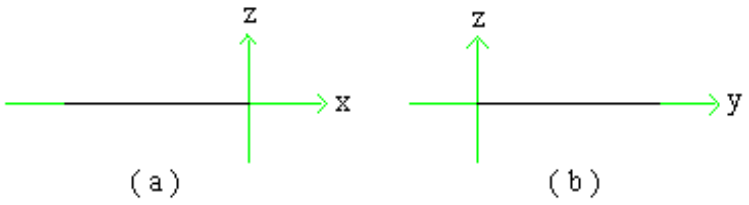


Figura 8.119 – Vistas do quadrado
(a) Vista frontal
(b) Vista lateral direita

Analisando-se os programas computacionais **vistafrontal.quadrado** e **vistalateral.quadrado** que geraram as vistas acima apresentadas, observa-se que ambos constroem o quadrado em um plano perpendicular à tela (ação do comando **cabecear 90**), atrás desta. Os lados do quadrado que se enxergam foram construídos no plano da tela.

Nesse momento, a pesquisadora solicitou ao sujeito para interpretar as vistas representadas pelos dois segmentos de retas, e para relacioná-los com o quadrado da Figura 8.118, com o objetivo de comparar seus comprimentos.

Para responder à pesquisadora, o sujeito posicionou-se com seus olhos ao nível do tampo de uma mesa e, manipulando o quadrado construído em cartolina, manteve-o sobre o tampo da mesa, apoiado perpendicularmente. Após reflexões, o sujeito respondeu: "*Quando o quadrado está perpendicular ao tampo da mesa eu o enxergo como na figura anterior (Figura 8.118). Quando tombo o quadrado sobre a mesa eu enxergo o lado da base, como o segmento (a). Quando giro o quadrado sobre a mesa, um quarto de volta, no sentido horário, eu enxergo o lado direito, como o segmento (b). Por isso é que os dois segmentos são iguais*".

Comparando-se os comprimentos dos segmentos da figura acima com os comprimentos dos lados do quadrado apresentado na Figura 8.118, verifica-se que eles realmente coincidem, como observado pelo sujeito.

Convém notar que nesse ambiente, o sujeito entendeu o significado de vista superior, vista frontal e vista lateral direita, como exploradas anteriormente nesse projeto, e definidas em seu livro de matemática.

Ressalta-se que, nas construções acima, estão envolvidos conceitos de rotação de polígonos ao redor de um de seus lados – **rotação no espaço associada à ação do comando cabeceie**, e conceitos de rotação de polígonos ao redor de um de seus vértices – **rotação no plano associada à ação do comando vire**.

O ambiente do Logo Tridimensional possibilitou a plena representação do quadrado construído com cartolina, com suas três vistas. Uma vez que a espessura do material utilizado para a construção do quadrado pode aumentar, ainda assim torna-se possível sua representação no ambiente tridimensional. Nesse caso, considera-se estar construindo poliedros, e não mais polígonos.

8.2.5.2.1.2) Construção do Triângulo

Para a construção do triângulo com a tartaruga perpendicular à tela, o sujeito apresentou o programa computacional reproduzido abaixo, com resultado ilustrado a seguir.

```
ap triângulo.tri
role 90
cabeceie 30
repita 3 [ande 120 cabeceie 120]
fim
```

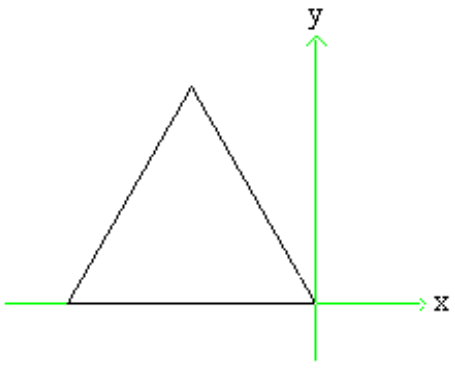


Figura 8.120 – Triângulo construído com a tartaruga perpendicular à tela

Observa-se que o triângulo acima foi construído no segundo quadrante do sistema de eixos coordenados. No processo de construção, a tartaruga partiu do vértice inferior direito, que coincide com o centro da tela e do sistema de eixos, direcionada ao longo de seu lado direito, com sua carapaça voltada para a direita, desenhando o triângulo no sentido anti-horário

Analisando-se o programa **triângulo.tri** acima apresentado, constata-se que o sujeito seguiu a mesma estratégia utilizada na elaboração do programa **quadrado.tri**, adaptando os procedimentos utilizados durante as construções dos triângulos presentes nos Quadros 1 e 2.

Comparando a figura acima com as figuras 8.102 e 8.110, o sujeito concluiu que elas são semelhantes.

Da mesma forma que ele representou a vista frontal e a vista lateral direita do quadrado, atendendo à solicitação da pesquisadora, o sujeito apresentou as vistas frontal e lateral direita do triângulo, reproduzidas na figura abaixo.

```
ap vistafrontal.triângulo
cabeceie 90
triângulo.tri
fim

ap vistalateral.triângulo
cabeceie 90
vire -90
triângulo.tri
fim
```

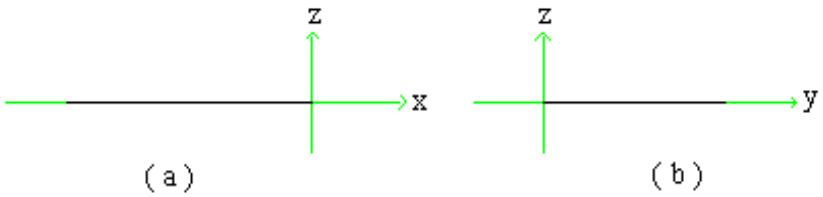


Figura 8.121 – Vistas do triângulo
(a) Vista frontal
(b) Vista lateral direita

Nesse momento, a pesquisadora solicitou ao sujeito que ele interpretasse as vistas representadas pelos dois segmentos de reta, e que as relacionasse com o triângulo da Figura 8.120.

Manipulando o triângulo construído em cartolina, da mesma maneira que ele fez anteriormente com o quadrado, o sujeito manteve-o em sua frente, apoiado perpendicularmente sobre o tampo da mesa, e respondeu dizendo: "*O segmento (a) corresponde ao lado do triângulo que eu enxergo quando tombo o triângulo sobre a mesa. O segmento (b) corresponde à altura do triângulo que eu enxergo, quando giro o triângulo um quarto de volta, no sentido horário*".

Assim sendo, a pesquisadora solicitou ao sujeito que este comparasse as medidas dos segmentos com os correspondentes componentes do triângulo. O sujeito respondeu: "*O segmento (a) é igual aos lados do triângulo. O segmento (b) é menor que a altura do triângulo*".

Uma vez que o sujeito mostrava dificuldade para justificar a diferença entre a altura do triângulo medida, na Figura 8.120, e o comprimento do segmento (b) da Figura 8.121, que representa a vista lateral direita do triângulo, a pesquisadora solicitou que ele refletisse sobre os conceitos de perspectiva, discutidos por eles, no momento da elaboração do "design" da sala em perspectiva. Mais especificamente, a pesquisadora solicitou que ele procurasse se lembrar de como lados iguais de um retângulo são vistos quando observados com distâncias diferentes (lados AB e CD da Figura 8.87).

Após discussões com a pesquisadora e, tendo resgatado as constatações ocorridas durante a elaboração do "design" da sala em perspectiva, o sujeito compreendeu que, na realidade, o segmento (b) e a altura do triângulo constituem-se no mesmo objeto. A diferença entre eles está em suas representações na tela. Enquanto a medida da altura do triângulo da Figura 8.120 está expressa em verdadeira grandeza, o segmento (b) expressa a mesma altura, porém representada em perspectiva. Ele se apresenta menor, pois o vértice do triângulo que o define está localizado em um ponto atrás da tela, que representa o plano de projeção do Logo Tridimensional (ou o plano de quadro quando se refere à perspectiva).

Dessa forma, o sujeito constatou a riqueza e a potencialidade apresentadas pelo ambiente do Logo Tridimensional.

8.2.5.2.1.3) Construção do Círculo

Uma vez que o sujeito trabalhou e manipulou um objeto real, de forma circular, construído em cartolina, busca-se, nesse momento, construir a representação de um círculo. Com essa finalidade, o sujeito lançou mão da estratégia utilizada na representação da circunferência na Figura 8.105, posicionando a tartaruga perpendicular à tela através da ação do comando **role 90**, reproduzindo os procedimentos utilizados nas construções do quadrado e do triângulo. Por se tratar da construção de um círculo isolado, o sujeito não se preocupou com o posicionamento inicial da tartaruga reproduzindo, entretanto, seu direcionamento para a esquerda.

O programa computacional desenvolvido está mostrado abaixo.

```
ap círculo.tri
vire 90
role 90
repita 360 [ ande 1 cabeceie -1]
fim
```

O resultado obtido está representado a seguir.

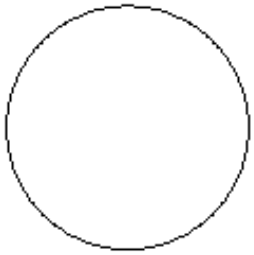


Figura 8.122 – Círculo construído com a tartaruga perpendicular à tela

Analisando o programa computacional **círculo.tri**, observa-se que o sujeito construiu um polígono regular com 360 lados, e que a tartaruga partiu perpendicular à tela, direcionada para a esquerda, com sua carapaça voltada para cima, percorrendo-o no sentido horário.

O sujeito comparou a circunferência que delimita o círculo da figura acima, com a circunferência da Figura 8.105, e concluiu que ambas se mostravam semelhantes, chegando à conclusão de ter cumprido com êxito seu intento.

Entretanto, a pesquisadora solicitou que ele analisasse os procedimentos utilizados, e que recorresse ao círculo construído em cartolina para reproduzir, com sua mão direita, os movimentos realizados pela tartaruga, durante a construção acima.

Da análise dos procedimentos computacionais, e tomando como referência a construção da circunferência da Figura 8.105, na qual ele havia se baseado, o sujeito concluiu que a tartaruga partiu do ponto mais baixo, direcionada para a esquerda, com sua carapaça voltada para cima, e realizou a construção no sentido horário.

Ao transpor esse conhecimento para a reprodução do movimento com sua mão, surgiu um conflito. O sujeito posicionou as costas de sua mão direita (que tem como correspondência a carapaça da tartaruga) voltada para cima, com os dedos direcionados para a esquerda, e colocou sobre ela o círculo. Para percorrê-lo ele o fez com as costas de sua mão. Transpondo a presente constatação para os movimentos realizados pela tartaruga, o sujeito comentou: "*A tartaruga percorreu o círculo de costas*".

Analisando a constatação acima, observa-se que, em uma situação real, é impossível a tartaruga andar com sua carapaça em posição invertida, e que também é impossível a tartaruga percorrer o círculo "por dentro", pois é impossível contrariar as leis da Física da interpenetrabilidade de corpos. Do ponto de vista da **sintonicidade corporal** não há correspondência entre o desenho dos traços na tela com os movimentos do sujeito, quando este se coloca no lugar da tartaruga, durante a representação do círculo com a estratégia acima utilizada. Essa possibilidade existe como recurso do Logo Tridimensional, e é possível, uma vez que a tartaruga da tela é um ente abstrato, mas deve ser evitada, uma vez que contradiz a filosofia norteadora da criação do ambiente Logo. Para mais detalhes ver Miskulin (1994a, p.226-229).

Assim sendo, um conflito se apresentava: do ponto de vista da sintonicidade corporal é impossível a tartaruga construir o círculo com a estratégia utilizada no programa **círculo.tri**.

Com o objetivo de transpor tal conflito, o sujeito propôs as seguintes alterações no programa **círculo.tri**. Nos comandos responsáveis pelo posicionamento inicial da tartaruga, ele substituiu o comando **role 90** por **role -90**. Como resposta, a tartaruga posiciona-se direcionada para a esquerda, com sua carapaça voltada para baixo. Nos comando **repita**, o qual constrói o círculo, ele ordenou à tartaruga que cabeceasse positivamente. Assim sendo, o sujeito elaborou o programa **círculo.tri.novo** reproduzido abaixo, com resultado ilustrado a seguir.

```
ap círculo.tri.novo
vire 90
role -90
repita 360 [ande 1 cabeceie 1]
fim
```

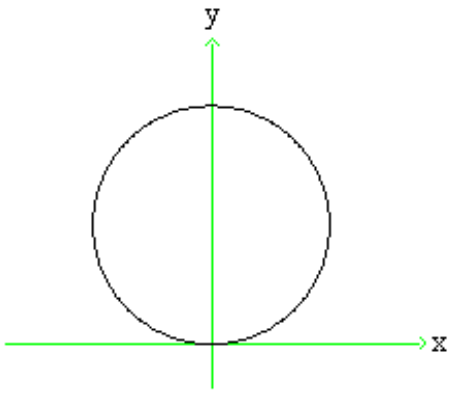


Figura 8.123 – Círculo construído com o programa **círculo.tri.novo**

Comparando-se o resultado acima com aquele da Figura 8.122, observa-se que eles têm a mesma forma. A diferença entre eles consiste no fato deste último ter sido construído com uma estratégia que respeita o conceito de sintonicidade corporal.

Observa-se que, a fim de se evitar o conflito da não existência de sintonicidade corporal, ao se construir um polígono com Logo Tridimensional, não deve ser utilizado o comando **cabeceie** com um valor negativo, nos procedimentos que descrevem o polígono.

Assim como já fizera durante as construções do quadrado e do triângulo, o sujeito apresentou as vistas frontal e lateral direita do círculo, reproduzidas abaixo.

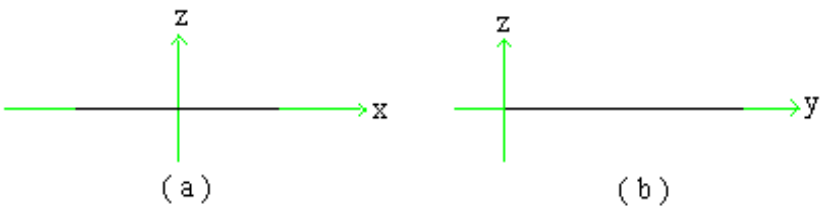


Figura 8.124 – Vistas do círculo
(a) Vista frontal
(b) Vista lateral direita

Uma vez que o círculo foi representado por um polígono regular com 360 lados, a pesquisadora solicitou ao sujeito que interpretasse as vistas representadas pelos dois segmentos de reta com diferentes comprimentos.

Manipulando o círculo construído com cartolina, e analisando os programas computacionais que geraram as vistas, o sujeito concluiu que na vista frontal, o círculo foi construído atrás da tela, enquanto que na vista lateral direita, metade do círculo foi construída à frente da tela, e a outra metade foi construída atrás da tela. Dessa forma, ambos os segmentos representam diâmetros do círculo. O segmento (b) representa o diâmetro em verdadeira grandeza, enquanto que o segmento (a) representa o diâmetro em perspectiva, aparentando ser menor.

8.2.5.2.2) Construção do Quadro 1

Uma vez que o sujeito demonstrou ser capaz de construir polígonos regulares com a tartaruga perpendicular ao plano da tela, a pesquisadora questionou se ele saberia construir o Quadro 1, utilizando uma nova estratégia que levasse em conta a tartaruga nessa nova posição em relação à tela.

Para enfrentar esse novo desafio, o sujeito recorreu aos três polígonos construídos em cartolina e sobrepôs ao círculo (azul) o quadrado (vermelho), e a este o triângulo (amarelo), obtendo como resultado a montagem mostrada na figura abaixo, a qual reproduz uma fotografia da montagem.

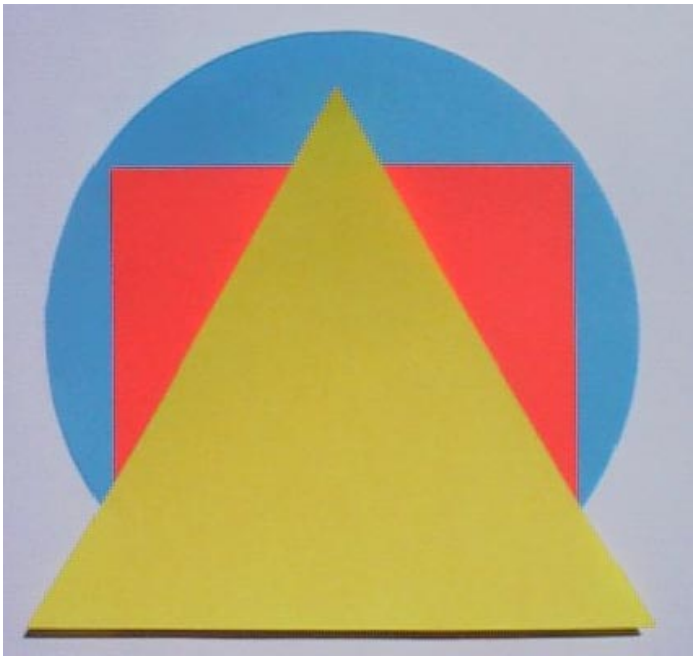


Figura 8.125 – Foto da montagem do Quadro 1

Refletindo sobre o seu procedimento o sujeito comentou: "*Estou empilhando os polígonos construídos com cartolina*".

Fazendo uma analogia com uma obra de um artista, o Quadro 1, composto pelos polígonos assim empilhados, não mais reproduz a ação do pincel do artista sobre a tela, como

mencionado anteriormente, mas sim uma montagem espacial, na qual os distintos polígonos estão em diferentes planos paralelos, sendo a distância entre eles igual a espessura da cartolina.

Nesse momento, a pesquisadora questionou ao sujeito se ele seria capaz de reproduzir em Logo a situação criada por ele com os polígonos construídos em cartolina. Após refletir, o sujeito respondeu que sim, desde que a espessura da cartolina pudesse ser representada pela espessura do lápis do Logo. Com essa definição, o sujeito passou à elaboração do programa mostrado a seguir.

```
ap quadro1.tri
vire 90
role -90
ande -0.5
repita 360 [ande 1 cabeceie 1]
ande 0.5
vire -90
un ande 1 ul
vire -90
ande -45
repita 4 [ande 90 cabeceie 90]
ande 45
vire 90
un ande 1 ul
vire -90
ande -60
repita 3 [ande 120 cabeceie 120]
ande 60
fim
```

Apresenta-se em seguida o resultado obtido (Figura 8.126 (a)), que corresponde à vista superior da montagem realizada pelo sujeito. Apresenta-se também a vista frontal da montagem (Figura 8.126 (b)), que foi obtida com a ação do comando **cabeceie 90**, antes de executar o programa **quadro1.tri**.

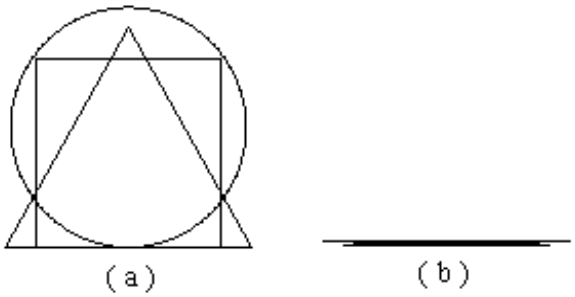


Figura 8.126 – Quadro1 construído com a tartaruga perpendicular à tela
(a) Vista frontal
(b) Vista inferior

Uma análise do programa **quadro1.tri** mostra que, durante sua elaboração, o sujeito levou em conta a obtenção da simetria das vistas inferior e frontal, em relação a um eixo vertical que passa pelos pontos médios das bases dos polígonos. Essa simetria pode ser observada no exame da Figura 8.126.

Apresenta-se a seguir uma figura construída em Logo Tridimensional, na qual o sujeito reproduziu a vista frontal da montagem por ele realizada com a utilização dos polígonos construídos em cartolina.



Figura 8.127 – Vista frontal da montagem realizada

Uma vez que o sujeito demonstrou compreender as possibilidades de se explorar novos comandos do Logo Tridimensional para a construção dos quadros, a pesquisadora dispensou a construção da moldura e dos demais quadros do presente projeto.

Nessa interação, o contexto, envolvendo a construção dos polígonos com cartolina, foi extremamente rico na exploração e utilização da sintonicidade corporal, em outras palavras, a sintonicidade corporal expressa-se pelo conhecimento dos conceitos geométricos que se adquire através dos movimentos do nosso próprio corpo (Papert,1985, p.81).

8.2.5.3) Construção do Design da Sala

Nesse momento da interação, uma vez que o sujeito havia concluído, com sucesso, a construção dos quadros, a pesquisadora solicitou que ele refletisse sobre a construção da sala, de acordo com o modelo apresentado pelo sujeito na Figura 8.85.

O sujeito, objetivando resolver o desafio proposto, manipulou a planificação da sala recortada, construída em cartolina, e ilustrada na Figura 8.97, refletiu sobre suas características, e concluiu que, utilizando os recursos do Logo Tridimensional, seria possível lançar mão da estratégia utilizada na construção planificada da sala e obter uma nova estratégia que reproduzisse, na tela do computador, a construção da maquete mostrada na Figura 8.99. Conforme suas próprias palavras: "*Vou projetar com o Logo Tridimensional a casa planificada e depois montá-la como na maquete*".

Dessa forma, como etapa inicial desse processo, o sujeito recuperou as medidas do piso e do teto, da parede afastada que contém a porta e a janela, das paredes laterais, da porta e da janela, e elaborou o seguinte esquema da sala planificada, utilizando a escala de **1:100**.

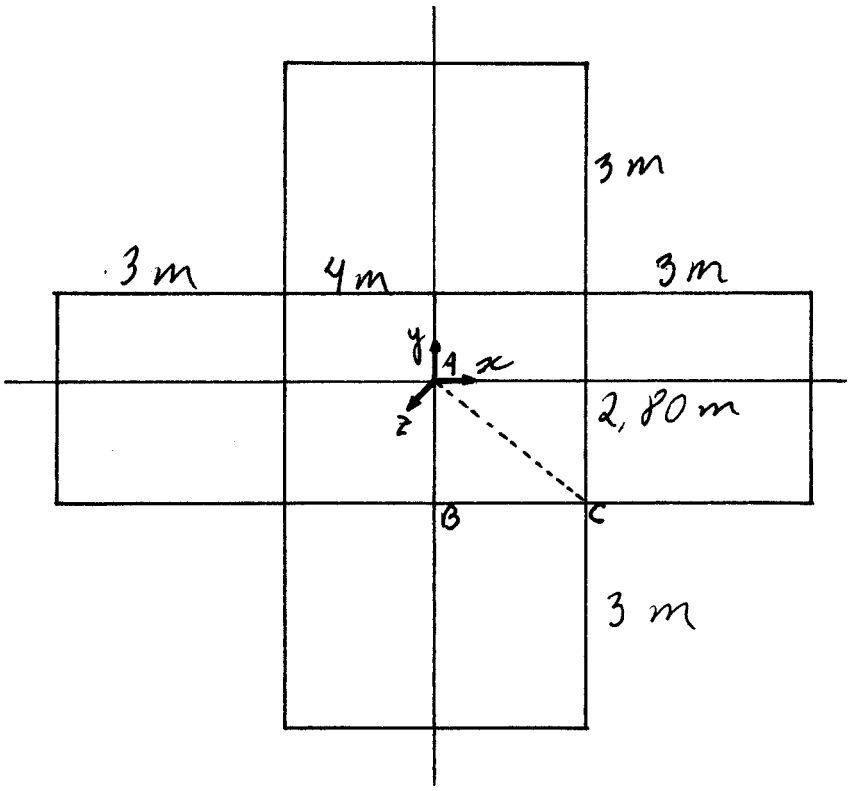


Figura 8.128 – Esquema da sala planificada (Escala 1:100)

Observando-se a figura, nota-se que o sujeito criou uma estratégia em que o centro da tela coincide com a posição do ponto de fuga[33]. A posição do ponto de fuga foi definida neste Estudo de Caso, quando ele construiu o "design" da sala em perspectiva (Figura 8.92). Em um outro momento, o sujeito construiu o sistema de eixos ortogonais xyz, no esquema da sala planificada (Figura 8.128), com origem no ponto de fuga.

Sabe-se que, no Logo Tridimensional, o raio principal coincide com o eixo z. Dessa forma, o eixo z passa pelo ponto de fuga.

Usando, como referência, o esquema da sala planificada, o sujeito definiu uma escala que lhe possibilitasse a construção, na tela do computador, dos vários componentes da sala. Assim sendo, considerando as dimensões do monitor (14 polegadas) e a resolução de tela em uso, o sujeito optou por uma escala na qual **1 passo da tartaruga corresponde a 2 cm da construção real**.

Com a determinação da escala acima, o piso e o teto, medindo 4 m x 3 m (4 m de largura por 3m de profundidade), foram representados no ambiente Logo Tridimensional por retângulos de 200 passos x 150 passos. A parede que contém a porta e a janela, medindo 4 m x 2,80 m (4 m de largura por 2,80 m de altura), foi representada no ambiente Logo Tridimensional por um retângulo de 200 passos x 140 passos. As paredes laterais, que medem 3 m x 2,80 m (3 m de largura por 2,80 m de altura), foram representadas por retângulos de 150 passos x 140 passos. A porta, que mede 0,90 m x 2 m (0,90 m de largura por 2 m de altura), foi representada por um retângulo de 45 passos x 100 passos. A janela, que mede

[33] O ponto de fuga F, está representado na Figura 8.128, pela letra A.

0,90 m x 1 m (0,90 m de largura por 1 m de altura), foi representada por um retângulo de 45 passos x 50 passos.

Assim sendo, com as definições acima, o sujeito iniciou a construção dos componentes da sala.

8.2.5.3.1) Construção da Parede que Contém a Porta e a Janela

Para construir a parede que contém a porta e a janela, o sujeito considerou que, em seu estado inicial, a tartaruga estaria no canto inferior direito, voltada para cima. Dessa forma, com o procedimento **referência.fundo**, abaixo apresentado, ele deslocou a tartaruga do centro da tela (no qual está o centro do sistema de eixos x y z), até o canto inferior direito.

```
ap referência.fundo
un
centralize3d
ande -80
vire -90
ande 100
vire 90
fim
```

Para elaborar a estratégia acima, o sujeito visualizou várias possibilidades. Em uma delas, ele buscou obter o novo posicionamento em um único deslocamento. Com essa finalidade, ele imaginou ser possível a tartaruga se deslocar sobre a hipotenusa do triângulo retângulo ABC representado no esquema da sala planificada (Figura 8.128).

O sujeito, ao posicionar o centro do sistema de eixos no ponto A, definiu os catetos do triângulo retângulo ABC como sendo, AB = 80 passos da tartaruga (correspondente a 1,60 m de altura) e BC = 100 passos da tartaruga (correspondente a 2 metros – metade da largura da sala). Assim sendo, a hipotenusa AC a ser percorrida pela tartaruga seria,

$$AC = \sqrt{80^2 + 100^2} = 128$$

Como o sujeito não havia ainda trabalhado, na escola, conceitos de funções trigonométricas, foi impossível para ele utilizar os recursos do Logo, que explora conceitos de trigonometria, para calcular os ângulos internos do triângulo ABC da Figura 8.128. Dessa forma, a tarefa de determinar o ângulo de giro da tartaruga, para ela caminhar do ponto A para o ponto C, tornou-se uma tarefa que demandaria várias tentativas. Assim sendo, ele optou pela estratégia na qual criou o procedimento computacional **referência.fundo**, obtendo dessa maneira, o posicionamento da tartaruga no ponto C. Ressalta-se que, para atingir o ponto C, a tartaruga percorreu os catetos do triângulo retângulo ABC.

Convém notar que o Logo Bidimensional possui o comando **direçãopara**, que fornece o ângulo que a tartaruga deve girar para atingir, em um único deslocamento, um ponto na tela especificado por suas coordenadas cartesianas x e y. No Logo Tridimensional não existe um comando com essa função.

Nesse momento, como o sujeito já havia determinado as dimensões da porta e da janela, ele definiu os procedimentos computacionais: **batente.porta** e **batente.janela**.

Segundo suas palavras "*Vou construir os batentes que ficam fixos, a porta e a janela que se abrem*". Dessa forma, ele apresentou os procedimentos mostrados abaixo, os quais constroem os batentes com uma espessura de lápis maior que aquela em uso.

```
ap batente.porta
mudeel [3 3]
mudecl 6
ul ande 100 vire 90 ande 45 vire 90 ande 100
mudeel [1 1]
fim

ap batente.janela
mudeel [3 3]
mudecl 6
repita 2 [ande 50 vire 90 ande 45 vire 90]
mudeel [1 1]
fim
```

Após realizar e testar os procedimentos que constroem os batentes da porta e da janela, o sujeito elaborou os procedimentos abaixo, os quais constroem e pintam a porta e a janela.

```
ap porta
repita 2 [ande 100 vire 90 ande 45 vire 90] un
vire 45 ande 20 mudecp 6 pinte3d invisível
fim

ap janela
repita 2 [ ande 50  vire 90 ande  45 vire 90 ] un vire 20
ande 5
mudecp 6
pinte3d
ande -5 vire -20
fim
```

Uma vez elaborados os procedimentos acima, o sujeito apresentou um outro procedimento **fundo1**, abaixo apresentado, o qual constrói a parede que contém a porta e a janela da sala.

```
ap fundo1
ul repita 2 [ande 140 vire 90 ande 200 vire 90]
vire 90 ande 10 vire -90
batente.porta un vire -90 ande 60 vire -90 ande 50 ul batente.janela
janela un ande -50 vire -90 ande 105 vire 90 ul porta
fim
```

O resultado obtido está representado na Figura 8.129 (a) mas, como o próprio sujeito observou, seu procedimento deveria permitir que a porta e o janela fossem representadas em diferentes posições de abertura. Dessa forma, o sujeito recorreu a seus conhecimentos de Logo Tridimensional, testou hipóteses, e apresentou o procedimento **fundo2**, no qual ele

incorporou estratégias que possibilitam a representação da porta e da janela semi-abertas. O resultado está mostrado na Figura 8.129 (b).

```
ap fundo2
ul repita 2 [ande 140 vire 90 ande 200 vire 90]
vire 90  ande 10 vire -90
mudecl 12
batente.porta un vire -90 ande 60 vire -90 ande 50 ul batente.janela
ande 50 cabeceie 130 mudeel [1 1]
repita 2 [ ande 50 vire 90 ande 45 vire 90 ]
vire 45 un ande 50  mudecp 8 pinte3d  ande -50 vire -45
cabeceie -130 ande -50
un ande -50 vire -90 ande 105 vire 90 role 45 ul porta
mudecl 0
fim
```

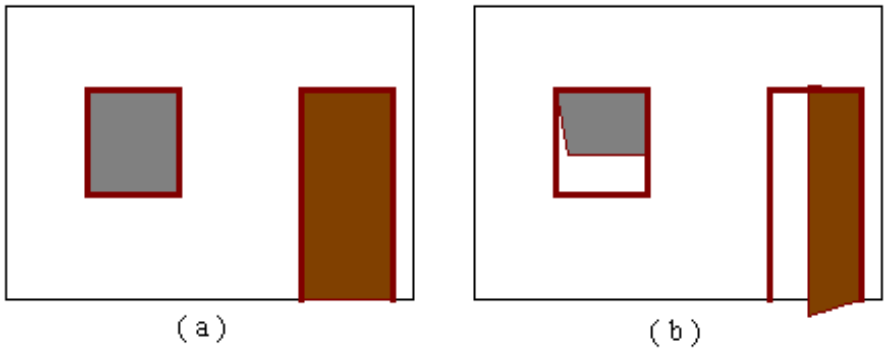


Figura 8.129 – Parede da sala que contém a porta e a janela
(a) Construída com o programa **fundo1**
(b) Construída com o programa **fundo2**

Analisando os procedimentos computacionais que geraram a Figura 8.129 (b), verifica-se que a porta foi construída abrindo para dentro da sala, enquanto que a janela abre para fora, como em uma situação real. A figura resultante confirma o resultado da análise.

Segundo as palavras do sujeito: "*Posso generalizar o procedimento fundo2 e construir a porta e a janela com diferentes aberturas*". Essa nova possibilidade permite que sejam construídos quadros, reproduzindo distintas condições de abertura da porta e da janela, e que, montados em uma seqüência conveniente, resultam no efeito de animação, no ambiente do *AVI Constructor*, como será explorado mais à frente, nesta pesquisa.

8.2.5.3.2) Construção da Parede Lateral Direita

Ao iniciar a construção da parede lateral direita, o sujeito partiu com a tartaruga posicionada em seu canto inferior esquerdo, direcionada para cima. Com esse posicionamento, o sujeito construiu o retângulo que delimita a parede, com a tartaruga percorrendo-o no sentido horário.

Em um segundo momento, ele partiu para a construção do Quadro 3, buscando posicioná-lo na parede de acordo com o modelo estabelecido no esboço da sala, apresentado na Figura 8.85. Um problema que surgiu tinha a ver com o tamanho do quadro a ser construído. Tomando como referência o esboço por ele elaborado, o sujeito definiu que o

quadro real teria 2 m de largura, e que estaria disposto simetricamente em relação à parede lateral da sala.

Assim sendo, com a escala em uso (1 passo da tartaruga corresponde a 2 cm do quadro real), o sujeito determinou a largura do quadro a ser representado na parede, utilizando a seguinte relação de proporcionalidade:

1 passo no Quadro 3 a ser construído	2 cm no quadro real
x passos no Quadro 3 a ser construído	200 cm no quadro real

na qual x representa a largura desejada.

Determinando o valor de x, o sujeito obteve para a largura do Quadro 3, o valor x = 100 passos.

Objetivando manter a forma do quadro, como mostrada na Figura 8.116, o sujeito determinou a altura correspondente do quadro a ser representado. Para esta determinação, ele recorreu às dimensões utilizadas durante a construção da moldura do quadro, representado na Figura 8.116 (444 passos de largura e 272 passos de altura – valores extraídos do programa **quadro3**). Assim sendo, buscando manter a proporcionalidade, estabeleceu a seguinte relação matemática, na qual y representa a altura desejada do quadro:

444 passos no quadro da Figura 8.116	100 passos no Quadro 3 a ser construído
272 passos no quadro da Figura 8.116	y passos no Quadro 3 a ser construído

Determinando o valor de y, ele obteve para a altura do quadro o valor y = 61,26 passos. Considerando a escala em uso, o sujeito obteve a altura do quadro real, multiplicando o número de passos pelo valor 2, obtendo, dessa forma, o resultado em centímetros. O valor determinado foi 1,225 m. Portanto, o quadro a ser representado na parede lateral direita tem como dimensões 100 passos de largura x 61,26 passos de altura, enquanto que o quadro real tem como dimensões 2m de largura x 1,225 m de altura.

Considerando utilizar o programa **quadro3 :x**, o qual constrói o Quadro 3 com dimensões definidas pelo usuário, o sujeito deparou-se com a necessidade de ter que definir o valor de **x**, o qual corresponde aos comprimentos das circunferências presentes no quadro. Uma vez que ele tinha definido como referência a largura do quadro em 2 m, correspondendo a 100 passos da tartaruga, para a determinação dos comprimentos das circunferências no quadro a ser representado na parede, o sujeito estabeleceu a seguinte relação de proporcionalidade, na qual z representa o comprimento desejado:

444 passos no quadro da Figura 8.116	100 passos no Quadro 3 a ser construído
360 passos no quadro da Figura 8.116	z passos no Quadro 3 a ser construído

Determinando o valor de z, ele obteve para comprimento da circunferência o valor z = 81.08 passos. Este é o valor utilizado como entrada do programa **quadro3 :x**.

Uma vez que o sujeito já dispunha das dimensões externas do quadro, e do valor da variável de entrada do programa **quadro3 :x**, o último passo necessário para a construção do quadro constituiu-se na determinação do seu posicionamento, qual seja, simetricamente disposto na parede. Com esse objetivo em mente, para determinar o posicionamento do canto

inferior esquerdo da moldura, em relação ao canto inferior esquerdo da parede da sala, o sujeito calculou, em passos da tartaruga, a distância horizontal e vertical entre esse dois pontos.

Assim sendo, ele procedeu como mostrado a seguir:

distância horizontal = (largura da parede - largura do Quadro 3) / 2 =
(150 passos - 100 passos) / 2 = 25 passos

distância vertical = (altura da parede - altura do quadro) / 2 =
(140 passos - 61,26 passos) / 2 = 39,37 passos

Uma vez determinados os valores acima, o sujeito considerou que o ponto de referência, a partir do qual a tartaruga constrói o Quadro 3, é o ponto A, mostrado na Figura 8.115. Desse modo, na determinação do deslocamento total realizado pela tartaruga, desde o canto inferior esquerdo da parede, até a posição na qual a tartaruga começou a desenhar o Quadro 3, a distância do ponto A ao canto inferior esquerdo da moldura teve que ser considerada.

Para tanto, o sujeito analisou o programa **quadro3**, mais especificamente, a construção da moldura, e concluiu que a distância do ponto A ao lado esquerdo da moldura é igual à distância do ponto A à base da moldura (164,6 passos). Para calcular o número de passos correspondentes na presente construção, ele montou a seguinte relação de proporcionalidade:

360 passos no quadro da Figura 8.116	81,08 passos no Quadro 3 a ser construído
164,6 passos no quadro da Figura 8.116	w passos no Quadro 3 a ser construído

Determinando o valor de w, o sujeito obteve para a distância horizontal e vertical o valor w = 37,07 passos.

Adicionando o valor de w acima determinado, nos valores da **distância horizontal** e da **distância vertical**, ele obteve os valores de deslocamento da tartaruga, desde sua posição inicial (canto inferior esquerdo da sala) até o ponto A, para a representação do Quadro 3 na parede lateral esquerda da sala.

Assim sendo,

deslocamento horizontal = 25 passos + 37,07 passos = 62,07 passos

deslocamento vertical = 39,37 passos + 37,07 passos = 76,44 passos

Conhecendo esses valores e os comprimentos das circunferências que determinam os círculos do Quadro 3, o sujeito elaborou o procedimento **lateral.direita** mostrado abaixo.

```
ap lateral.direita
ul repita 2 [ande 140 vire -90 ande 150 vire -90]
un ande 76.44 vire -90 ande 62.07 vire 90
ul quadro3 81
fim
```

O resultado está mostrado na figura a seguir.

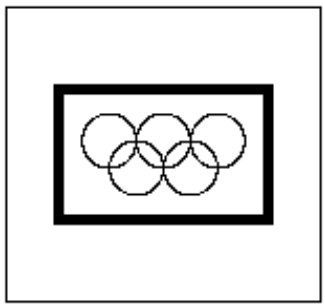


Figura 8.130 – Parede lateral direita

Observando a figura acima, verifica-se que o sujeito cumpriu seu objetivo, criando estratégias que consideram a existência da simetria do quadro em relação à parede.

8.2.5.3.3) Construção da Parede Lateral Esquerda

No processo de construção da parede lateral esquerda, o sujeito considerou que a tartaruga, em seu estado inicial, estaria no canto inferior direito, o qual corresponde ao canto inferior esquerdo da parede do fundo da sala na representação da sala planificada (Figura 8.128).

Considerando o estado inicial da tartaruga acima definido, o sujeito construiu o retângulo que delimita a parede, com a tartaruga percorrendo-o no sentido anti-horário. Em seguida, ele partiu para as construções dos Quadros 1 e 2. Com essa finalidade, ele recorreu aos programas genéricos **quadro1 :x** e **quadro2 :x**. Para utilizar esses programas computacionais ele necessitou determinar os valores de **x** a serem utilizados como entradas destes programas.

Como etapa inicial na determinação deste valor, o sujeito definiu que os quadros teriam, na situação real, larguras iguais a 0,6 m. Com a escala em uso (1 passo da tartaruga corresponde a 2 cm do quadro real), a largura dos quadros é 30 passos da tartaruga. Considerando que **x** representa os comprimentos dos polígonos isoperimétricos que formam os quadros, assumidos como sendo 360 passos da tartaruga, durante as construções dos quadros representados nas Figuras 8.108 e 8.113, o sujeito elaborou a seguinte relação de proporcionalidade entre as largura das Figuras 8.108 e 8.113 e os comprimentos das circunferências das Figuras 8.108 e 8.113, em relação ao novo quadro:

220 passos nos quadros das Figuras 8.108 e 8.113	30 passos nos Quadros 1 e 2 a serem construídos
360 passos nos quadros das Figuras 8.108 e 8.113	x passos nos Quadros 1 e 2 a serem construídos

Determinando o valor de **x**, o sujeito obteve para entrada dos programas **quadro1 :x** e **quadro2 :x** o valor **x** = 49,09.

Para determinar o posicionamento inicial da tartaruga, nas construções dos quadros na parede lateral esquerda, o sujeito deveria conhecer, em passos da tartaruga, suas alturas. Assim sendo, objetivando manter as formas dos quadros, como mostradas nas Figuras 8.108 e 8.113, e considerando que a largura foi definida em 30 passos, o sujeito elaborou as seguintes relações de proporcionalidade:

220 passos no quadro da Figura 8.108	30 passos no Quadro 1 a ser construído
214,6 passos no quadro da Figura 8.108	y passos no Quadro 1 a ser construído
220 passos no quadro da Figura 8.113	30 passos no Quadro 2 a ser construído
318,5 passos no quadro da Figura 8.113	z passos no Quadro 2 a ser construído

Determinando os valores de **y** e **z**, ele obteve para a largura do Quadro 1 o valor **y** = 29,27 passos, e para a largura do Quadro 2, ele obteve o valor **z** = 43,45 passos.

Com a escala em uso, as alturas determinadas para os Quadros 1 e 2 valem respectivamente 0,585 m e 0,87 m.

O sujeito, com o objetivo de manter as disposições dos quadros na mesma altura da porta, como representado no esboço da sala (Figura 8.85), utilizado como modelo, levou em consideração suas dimensões calculadas acima, e os posicionamentos dos pontos de referência nos quadros – vértices direitos dos triângulos, nos quais a tartaruga começará a desenhar os quadros. Assim sendo, o sujeito calculou os deslocamentos da tartaruga necessários para atingir os pontos iniciais para a construção dos quadros e elaborou o procedimento mostrado a seguir.

```
ap lateral.esquerda
mudeel [1 1]
ul repita 2 [ande 140 vire 90 ande 150 vire 90]
un ande 77.73
vire 90
ande 36.82
vire -90
ul quadro1 49.09
un ande 51.82
vire 90
ande 7.65
vire 180
ul quadro2 49.09
fim
```

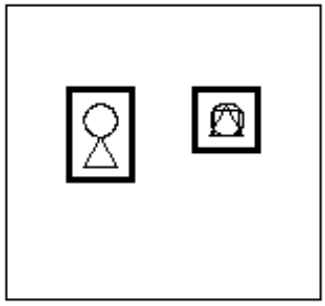


Figura 8.131 – Parede lateral esquerda

8.2.5.3.4) Construção do Piso

Uma vez que o sujeito havia terminado com sucesso a construção das paredes laterais, ele passou à construção do piso da sala. Com esse objetivo em mente, ele refletiu sobre a construção do tabuleiro de xadrez durante a exploração de conceitos de perspectiva (Item 8.2.4.1.1.3), e após várias tentativas, ele apresentou o programa computacional **piso**, abaixo reproduzido, com resultado ilustrado na figura a seguir.

```
ap piso
repita 2 [ande 150 vire -90 ande 200 vire -90]
repita 4 [fila1 fila2]
fim

ap piso.cor
ul repita 4 [ande 25 vire -90]
vire -30 un ande 10 pinte3d ande -10 ul vire 30
fim

ap piso.semcor
ul repita 4 [ande 25 vire -90]
fim

ap fila1
repita 3 [piso.cor ande 25 piso.semcor ande 25]
ande -150 vire -90 ande 25 vire 90
fim

ap fila2
repita 3 [piso.semcor ande 25 piso.cor ande 25]
ande -150 vire -90 ande 25 vire 90
fim
```

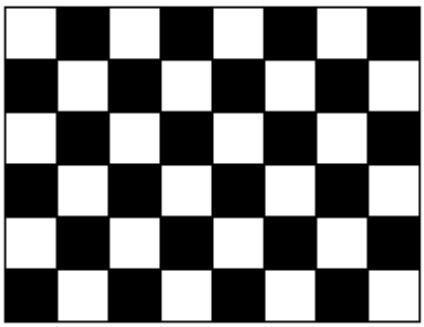


Figura 8.132 – Vista superior do piso da sala

Analisando o programa computacional **piso**, verifica-se que a tartaruga iniciou sua construção a partir do canto inferior esquerdo, voltada para cima, em seguida, construiu o quadrado grande e os quadrados menores que representam as placas que cobrem o piso da sala. Ressalta-se que nesse processo de construção, o sujeito não apresentou grandes problemas, que merecessem ser enfatizados no presente estudo.

8.2.5.3.5) Construção do Teto

Em um outro momento dessa interação, o sujeito elaborou a programa computacional **teto**, o qual constrói o teto da sala, tendo como referência o modelo por ele elaborado através do esboço da sala (Figura 8.85). O resultado obtido está representado na figura a seguir.

```
ap teto
mudecl 0
ul repita 2 [ande 150 vire -90 ande 200 vire -90]
vire -90 ande 50 vire 90
repita 4 [un ande 30 ul lâmpada.esquerda ]
un ande -120
vire -90 ande 100 vire 90 repita 4 [un ande 30 lâmpada.direita]
fim

ap lâmpada.direita
ul vire -10 repita 18 [ande 1 vire -20] vire 10
fim

ap lâmpada.esquerda
ul vire 10 repita 18 [ande 1 vire 20] vire -10
fim
```

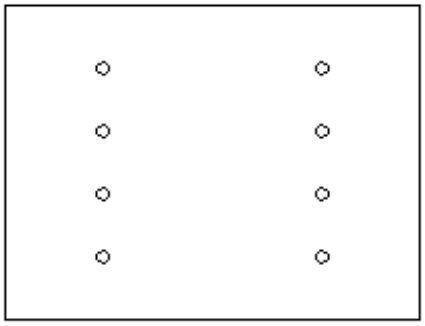


Figura 8.133 – Teto da sala

Analisando o programa **teto** acima apresentado, verifica-se que a tartaruga iniciou a construção do teto a partir do canto inferior esquerdo, voltada para cima, construindo o quadrado e, em seguida, as lâmpadas. Observa-se que o sujeito, ao representar as lâmpadas por pequenos círculos, optou por uma estratégia na qual foi utilizado um polígono regular com dezoito lados para a representação dos círculos. Esta escolha foi possível, uma vez que a dimensão dos círculos é muito pequena.

8.2.5.3.6) Construção da Planificação da Sala com Logo Tridimensional

O sujeito tendo construído a representação da parede afastada da sala, a qual contém a porta e a janela, o piso com as placas que o cobrem, o teto com as luzes, e as paredes laterais com os quadros, iniciou a construção da representação da sala planificada, no ambiente do Logo Tridimensional. Com esse objetivo em mente, ele tomou, como modelo, a sala planificada, construída em cartolina, e representada, recortada, na Figura 8.97. Nela identificou as posições e direções da tartaruga que constituem os estados iniciais, ao construir o piso, o teto, e as paredes laterais.

Assim sendo, o sujeito elaborou os seguintes procedimentos computacionais, os quais conduzem a tartaruga às posições, e a direciona, de acordo com os estados iniciais.

```
ap referência.lateraldireita
referência.fundo
fim

ap referência.lateralesquerda
un centralize3d
referência.fundo
vire 90
ande 200
vire -90
fim

ap referência.piso
referência.lateralesquerda
ande -150
fim
```

```
ap referência.teto
referência.lateralesquerda
ande 140
fim
```

Com essas referências definidas, o sujeito elaborou o programa computacional **sala.planificada**, o qual constrói a sala como mostrado na figura abaixo.

```
ap sala.planificada
invisível
mudeel [1 1]
referência.fundo
fundo2
referência.lateraldireita
lateral.direita
referência.lateralesquerda
lateral.esquerda
referência.piso
piso
referência.teto
teto
fim
```

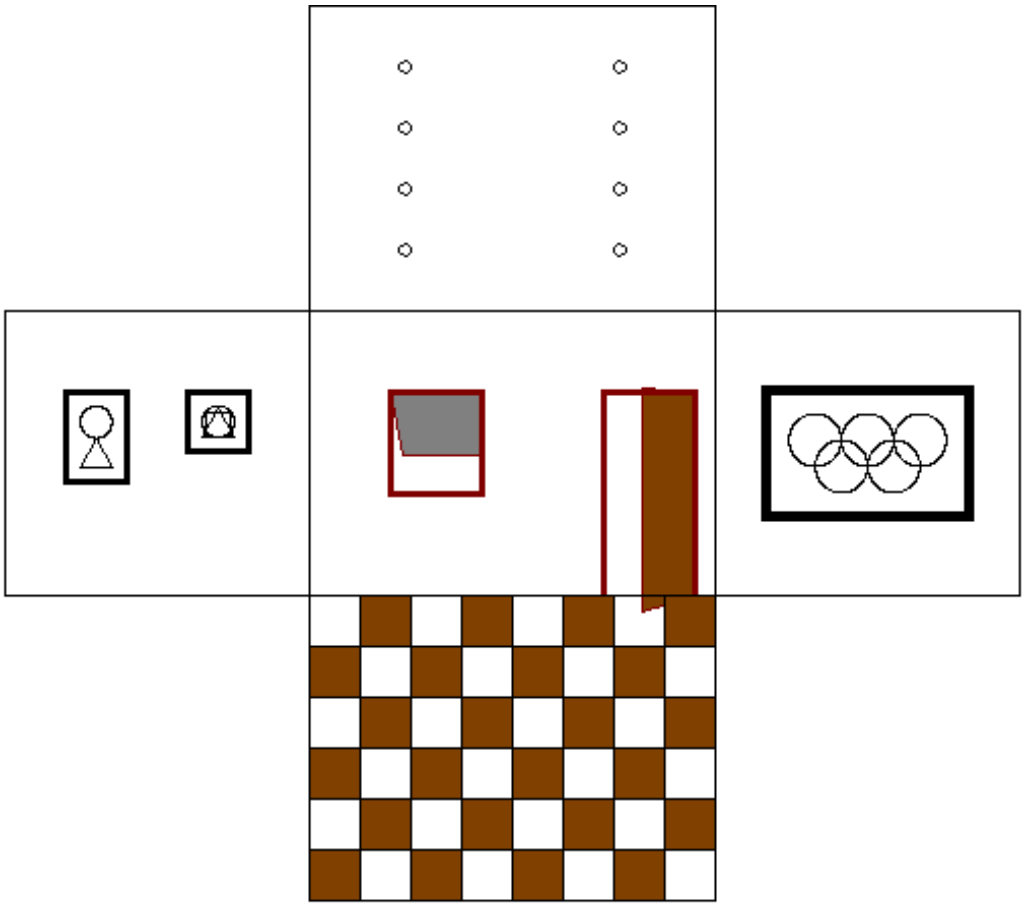


Figura 8.134 – Sala planificada construída com Logo Tridimensional

Analisando a figura acima, construída com Logo Tridimensional, verifica-se que ela reproduz a forma obtida na construção da sala planificada com cartolina (Figura 8.97). Ressalta-se que para sua construção foi utilizada a escala 1 passo da tartaruga = 2 cm da sala real.

8.2.5.3.7) Design da Sala com Logo Tridimensional

O sujeito, tendo construído com sucesso a sala planificada, reproduziu, com o programa **sala.perspectiva**, a estratégia utilizada para a construção da maquete com cartolina (Figura 8.99). Para que a tartaruga construísse o piso e o teto em planos horizontais, o sujeito lançou mão do comando **cabeceie**. Para a construção das paredes laterais, foi utilizado o comando **role**.

Assim sendo, o sujeito, levando em consideração os procedimentos computacionais que posicionam e direcionam a tartaruga, de acordo com os estados iniciais assumidos ao construir a sala planificada, elaborou o programa **sala.perspectiva** apresentado a seguir.

```
ap sala.perspectiva
invisível
mudeel [1 1]
referência.fundo
fundo2
referência.lateralesquerda
cabeceie 90 ande -150
piso
mudecl 0
referência.lateralesquerda
role 90 lateral.esquerda
referência.lateraldireita
role -90 lateral.direita
referência.lateralesquerda
ande 140 cabeceie -90
teto
fim
```

A sala construída com este programa está ilustrada a seguir.

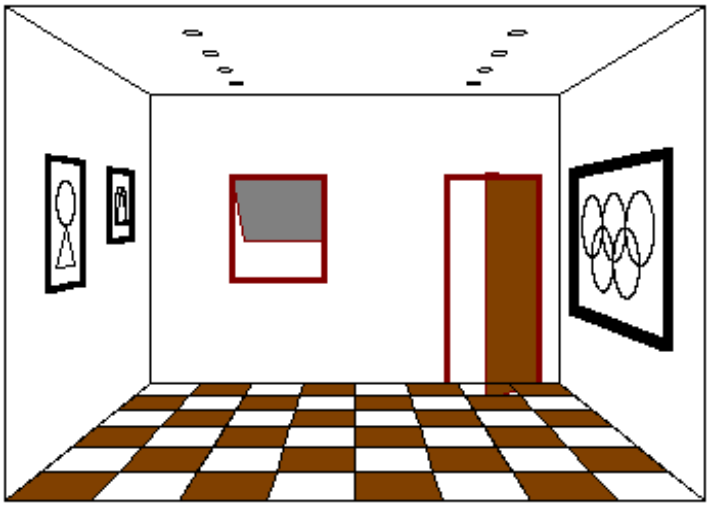


Figura 8.135 – Sala em perspectiva

Objetivando ilustrar a construção da sala em perspectiva (Figura 8.135), a partir da sala planificada (Figura 8.134), no ambiente do Logo Tridimensional, o sujeito elaborou o video clip planificação-perspectiva.

Para a elaboração deste video clip, o sujeito baseou-se na montagem da maquete da sala, a partir da planificação da sala construída em cartolina. O programa computacional utilizado consistiu em uma adaptação do programa **sala.perspectiva**, no qual foi introduzido o comando **cabeceie**, com um valor variável, antes dos sub-procedimentos **piso** e **teto**, e o comando **role** com um valor variável, antes dos sub-procedimentos **lateral.esquerda** e **lateral.direita**. Ressalta-se que, no programa utilizado, a porta e a janela apresentam-se fechadas.

Analisando a Figura 8.135, observa-se que ela apresenta a mesma forma que a das Figuras 8.95 e 8.99, as quais representam o "design" final da sala elaborado de acordo com as regras de perspectiva para desenho de objetos tridimensionais, e a foto reproduzindo a vista interna da maquete construída com cartolina.

8.2.5.3.8) Design da Sala com Diferentes Aberturas da Porta e da Janela

Uma vez construída a Figura 8.135, o sujeito comentou: "*Posso reestruturar o programa **sala.perspectiva**, para que ele construa a porta e a janela com qualquer abertura*".

Dessa forma, ele introduziu no procedimento **fundo2** duas variáveis. A variável **angporta** para definir o ângulo que a tartaruga rola antes de construir a porta, ou seja, **angporta** corresponde ao ângulo de abertura da porta, e a variável **angjanela** para definir o ângulo que a tartaruga cabeceia antes de construir a janela. Em realidade, a abertura da janela está definida no procedimento **fundo2** como sendo o suplemento do ângulo **angjanela**, ou seja, **180** - **angjanela** graus.

Assim sendo, o sujeito elaborou o procedimento **fundo3 :angporta :angjanela** e, com ele, substituiu o procedimento **fundo2** no programa que constrói a sala em perspectiva. O programa que constrói a sala em perspectiva passou a ser definido como

sala.perspectiva.geral :angporta :angjanela. Ambos os programas estão reproduzidos abaixo.

```
ap fundo3 :angporta :angjanela
referência.fundo
ul repita 2 [ande 140 vire 90 ande 200 vire 90]
vire 90 ande 10 vire -90
batente.porta un vire -90 ande 60 vire -90 ande 50 ul batente.janela
ande 50 cabeceie :angjanela mudeel [1 1]
repita 2 [ande 50 vire 90 ande 45 vire 90]
vire 45 un ande 50 mudecp 8 pinte3d ande -50 vire -45
cabeceie -:angjanela ande -50
un ande -50 vire -90 ande 105 vire 90 role :angporta ul porta
mudecl 0
fim

ap sala.perspectiva.geral :angporta :angjanela
invisível
mudeel [1 1]
referência.fundo
fundo3 :angporta :angjanela
referência.lateralesquerda
cabeceie 90 ande -150
piso
mudecl 0
referência.lateralesquerda
role 90 lateral.esquerda
referência.lateraldireita
role -90 lateral.direita
referência.lateralesquerda
ande 140 cabeceie -90
teto
fim
```

Com a finalidade de testar o programa acima, o sujeito reproduziu a Figura 8.135, através do comando **sala.perspectiva.geral 45 130**. Os valores de entrada utilizados significam que a porta da figura 8.136 encontra-se aberta 45^o, e a janela 50^o.

Objetivando demonstrar uma possível aplicação para o programa, o sujeito elaborou o **video clip** porta-janela, o qual simula uma situação em que a porta, inicialmente fechada, é aberta até formar um ângulo reto com a parede, para, em seguida, ser fechada. Posteriormente a janela é aberta.

No video clip criado o sujeito mostrou sua criatividade, e uma possível integração do Logo com a arte.

8.2.5.3.9) Design da Sala com o Quadrado Maior no Plano de Projeção (Tela)

Nesse momento da interação, a pesquisadora comentou com o sujeito que, do ponto de vista matemático, um objeto pode ser projetado no plano de projeção independentemente

de sua posição em relação a este plano. No ambiente do Logo Tridimensional, tal estratégia pode ser reproduzida. Assim sendo, um objeto pode ser representado, através de projeções, no plano da tela, independente de sua posição em relação à tela (frente ou atrás da tela). Quando se trabalha no micromundo da tartaruga tridimensional, a programação do usuário, traduz a construção real do objeto no espaço, através dos deslocamentos e giros que a tartaruga faz para descrever tal objeto. O sistema computacional do ambiente tridimensional contém, intrinsecamente, regras e conceitos de projeções cônicas ou centrais, e desenha a projeção do objeto na tela.

Do ponto de vista dos artistas, um objeto real ou uma cena podem ser representados em um plano, utilizando-se as técnicas de perspectiva, tendo como referência o plano de quadro. Como já observado no Item 8.2.4.1.1.2, que trata sobre **Representação de Desenhos em Escala**, as únicas distâncias ou dimensões que podem ser medidas são aquelas que se referem a pontos ou a segmentos de retas que se encontram no plano de quadro.

Assim sendo, o sujeito deste estudo, ao elaborar o **"Design" da Sala em Perspectiva** (Item 8.2.4.1.3), iniciou a construção, representando o retângulo externo da sala em perspectiva (correspondendo ao retângulo maior da Figura 8.95 e da Figura 8.135), no plano de quadro. Com essa estratégia, a parede da sala, que contém a porta e a janela, foi construída **em um plano afastado, paralelo ao plano de quadro**.

Analisando o programa computacional **sala.perspectiva** que construiu a Figura 8.135, observa-se que a parede afastada da sala, a qual contém a porta e a janela, foi construída no plano da tela, ou seja, no plano de projeção (plano de quadro). Este posicionamento da parede afastada não se encontra de acordo com a estratégia utilizada pelo sujeito na representação da sala utilizando técnicas de perspectiva (Figura 8.95), pois tal estratégia exige que o retângulo externo da sala seja construído no plano da tela (plano de projeção).

Dessa forma, a pesquisadora questionou ao sujeito se este seria capaz de adequar o programa **sala.perspectiva** para que a estratégia acima fosse reproduzida na tela. Com esse objetivo em mente, o sujeito refletiu sobre suas estratégias e concluiu que a construção da parede da sala que contém a porta e a janela, deveria ocorrer em um plano paralelo e atrás da tela do monitor, distando 150 passos, os quais correspondem à profundidade da sala (profundidade do piso).

Para tanto, o sujeito reestruturou o procedimento **referência.fundo**, criando uma estratégia na qual a tartaruga desloca-se 150 passos para trás da tela (combinação dos comandos **cabeceie** e **ande**), antes de construir a parede que contém a porta e a janela, com a qual ele inicia a construção da sala no ambiente do Logo Tridimensional. Em seguida, o sujeito reestruturou os demais procedimentos utilizados como referência no procedimento das paredes laterais, do piso e do teto, e implementou as reestruturações no programa computacional que constrói o "design" da sala no ambiente do Logo Tridimensional.

Apresentam-se abaixo, os novos procedimentos. O resultado está ilustrado na figura a seguir.

```
ap referência.fundo.espaço
un centralize3d
cabeceie -90 ande -150 cabeceie 90
ande -80
vire -90 ande 100 vire 90
fim

ap referência.lateraldireita.espaço
referência.fundo.espaço
role -90
fim

ap referência.lateralesquerda.espaço
referência.fundo.espaço
vire 90
ande 200
vire -90
role 90
fim
ap referência.piso.espaço
referência.fundo.espaço
vire 90
ande 200
vire -90
cabeceie 90 ande -150
fim

ap referência.teto.espaço
referência.fundo.espaço
vire 90
ande 200
vire -90
ande 140
cabeceie -90
fim

ap sala.perpspectiva.espaço
invisível
mudeel [1 1]
referência.fundo.espaço
fundo2
referência.piso.espaço
piso
mudecl 0
referência.lateralesquerda.espaço
lateral.esquerda
referência.lateraldireita.espaço
lateral.direita
referência.teto.espaço
teto
fim
```

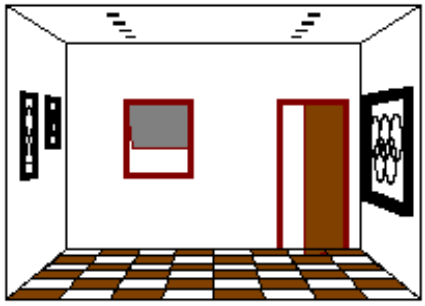


Figura 8.136 – Sala em perspectiva com o retângulo maior construído no plano da tela

Analisando a figura acima, e comparando-a com a Figura 8.135, observa-se que ambas possuem a mesma forma, e que, nesta última figura, as dimensões do retângulo externo, construído no plano da tela, possui as mesmas dimensões do retângulo que representa a parede que contém a porta e a janela, na Figura 8.135. Esta igualdade era esperada, uma vez que ambos apresentam as mesmas dimensões na sala real (4 m de largura x 2,80 m de altura), e foram construídos no plano de projeção (tela do monitor) utilizando-se a mesma escala: 1 passo da tartaruga = 2 cm da sala real.

Objetivando explorar o programa **sala.perspectiva.espaço**, o sujeito elaborou o video clip denominado posições-espaço, no qual mostra como a projeção da sala se altera, no plano de projeção, em consequência de uma variação da posição em que a sala é construída em relação à tela (na frente ou atrás desta). Tomando como referência a parede da sala que contém a porta e a janela, no video clip, a sala foi construída em diferentes posições, variando de 40 passos à frente da tela, até 250 passos atrás dela.

Ressalta-se que, no ambiente *SLogoW*, o olho do observador posiciona-se sobre o eixo z do sistema de eixos coordenados x y z, distando 360 passos a frente da tela. O video clip mostra um perfeito efeito de projeção cônica, com convergência central.

8.2.5.3.10) Design da Sala com o Ponto de Vista em Diferentes Posições

8.2.5.3.10.1) Ponto de Vista Deslocando-se Sobre a Linha do Horizonte

Uma vez que o sujeito construiu com sucesso o “design” da sala no ambiente do Logo Tridimensional, a pesquisadora sugeriu que ele explorasse algumas propriedades da projeção cônica, isto é, da perspectiva.

Assim sendo, a pesquisadora solicitou ao sujeito que ele se posicionasse contra a parede da sala, oposta àquela em que se encontram a porta e a janela, com a mesma posição corporal (em pé e de costas para a parede), no mesmo ponto da parede (sobre o eixo vertical que passa pelo seu centro), através do qual ele observou a sala durante a elaboração de seu esboço (Figura 8.85), e que observasse novamente a sala.

Após ter atendido à solicitação da pesquisadora, foi apresentado ao sujeito uma nova solicitação, no sentido de se deslocar para a direita, mantendo suas costas contra a parede, e que realizasse uma nova observação da sala a partir de um ponto próximo à parede lateral direita, com sua cabeça na posição normal.

Atendendo a esta nova solicitação, o sujeito comentou dizendo: "*Vejo com mais detalhes a parede lateral esquerda, sem distinguir detalhes da parede lateral direita. A forma como vejo o piso e o teto também mudou*".

Analisando as palavras do sujeito, observa-se que com a sua nova posição, não mais se mantém a simetria lateral da sala.

A pesquisadora, nesse momento, solicita ao sujeito que se desloque para a esquerda, e observe a sala, a partir de uma posição próxima à parede lateral esquerda. Desse modo, o sujeito atendendo à pesquisadora comentou: "*Agora vejo com mais detalhes a parede lateral direita*".

Ressalta-se que a distância da linha do horizonte em relação à linha de terra (1,60 m) não se alterou, uma vez que o sujeito se manteve em pé durante a realização das observações da sala nas novas posições descritas acima.

Nessa interação, a pesquisadora solicitou ao sujeito se ele seria capaz de reproduzir no ambiente do Logo Tridimensional as alterações constatadas por ele na vista da sala. O sujeito disse que, para isso precisaria alterar a posição do ponto de vista, em sua nova construção do "**design"** da sala.

Para tanto, o sujeito levou em consideração a escala por ele utilizada durante a elaboração do programa **sala.perspectiva**, e introduziu alterações no deslocamento horizontal da tartaruga no procedimento **referência.fundo**, apresentando o procedimento abaixo.

```
ap referência.fundo.horizdireita
un centralize3d
ande -80 vire -90
ande 25 vire 90
fim
```

Utilizando o procedimento **referência.fundo.horizdireita** no programa **sala.perspectiva**, o sujeito obteve a vista da sala nessa nova posição, a qual se encontra reproduzida na figura abaixo. O ponto de fuga está localizado sobre a linha do horizonte, distando 50 cm da parede lateral direita.

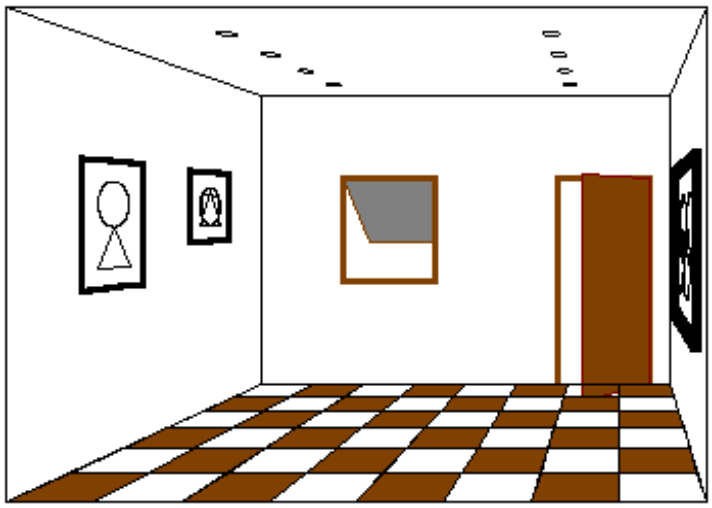


Figura 8.137 – Sala em perspectiva com o ponto de fuga a 50 cm da parede lateral direita

Utilizando o procedimento **referência.fundo.horizesquerda** abaixo apresentado, no programa **sala.perspectiva**, o sujeito obteve a vista da sala reproduzida na Figura 8.138, na qual o ponto de fuga encontra-se sobre a linha do horizonte, distando 50 cm da parede lateral esquerda.

```
ap referência.fundo.horizesquerda
un centralize3d
ande -80 vire -90
ande 175 vire 90
fim
```

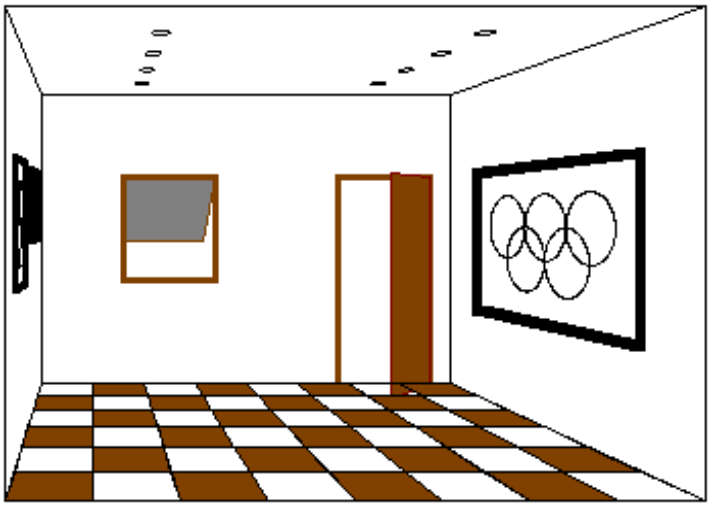


Figura 8.138 – Sala em perspectiva com ponto de fuga a 50 cm da parede lateral esquerda

Nesse momento desta interação, o sujeito deste estudo, objetivando ilustrar as diferentes formas da sala em perspectiva, com a posição do ponto de fuga deslocando-se sobre a reta horizontal que representa a linha do horizonte, desde uma posição que representa 50 cm da parede lateral direita, até 50 cm da parede lateral esquerda, elaborou o video clip denominado pf-horizontal. Para a construção deste video clip, o sujeito utilizou a estratégia

empregada nas construções das Figuras 8.137 e 8.138, variando o deslocamento horizontal da tartaruga desde o valor 25 até o valor 175, no sub-procedimento **referência.fundo**.

8.2.5.3.10.2) Ponto de Vista Mais Próximo à Linha de Terra

Nesse momento, a pesquisadora solicitou ao sujeito que se colocasse de costas para a parede oposta àquela que contém a porta e a janela, no mesmo ponto em que ele se encontrava ao observar a sala durante a elaboração do esboço (Figura 8.85), porém com diferente posição corporal, abaixado.

A pesquisadora questionou ao sujeito se as características da sala, vistas a partir deste ponto, eram distintas daquelas características vistas quando ele se encontrava em pé. O sujeito, respondeu: "*O teto e o piso mudaram e também os quadros nas paredes laterais*".

O sujeito avaliou que nesta nova posição, o seu olho distava 60 cm do piso (o que significa que a distância entre a linha do horizonte e a linha de terra passa a ser igual a 60 cm) e, assim sendo, levando em consideração a escala utilizada durante a elaboração do programa **sala.perspectiva** (1 passo da tartaruga corresponde a 2 cm da construção real), ele alterou o deslocamento vertical da tartaruga no sub-procedimento **referência.fundo**, apresentando-o como a seguir.

```
ap referência.fundo.vertical
un centralize3d
ande -30 vire -90
ande 100 vire 90
fim
```

Dessa forma, utilizando o sub-procedimento **referência.fundo.vertical** no programa **sala.perspectiva**, o sujeito obteve a vista da sala, ilustrada na figura abaixo.

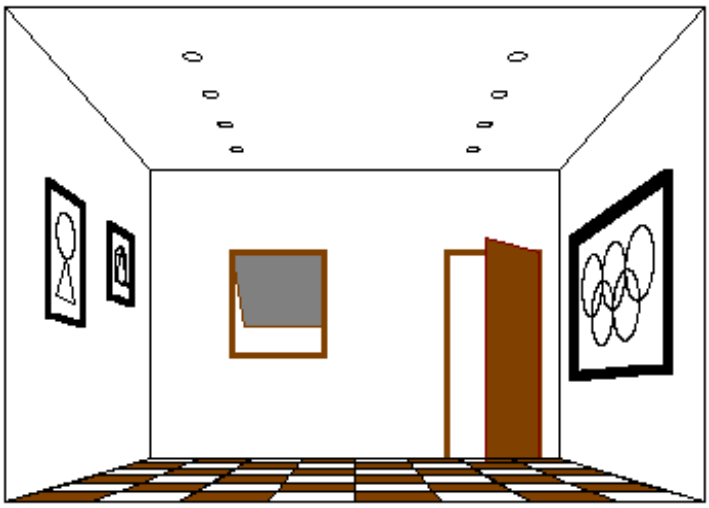


Figura 8.139 – Sala em perspectiva com o ponto de fuga a 60 cm do piso

Analisando a figura acima, observa-se a existência da simetria lateral e, comparando esta figura com a Figura 8.135, comprova-se o comentário da pesquisadora durante a introdução dos significados de termos utilizados em perspectiva (Item 8.2.4.1.1.1), qual seja,

uma pessoa em pé observa mais água entre o horizonte e a praia que quando abaixada. Na presente situação, o piso substitui a água no comentário da pesquisadora.

Com o objetivo de ilustrar a alteração na forma da sala em perspectiva, vista pelo sujeito, quando ele muda sua posição corporal (de pé até abaixado), ele elaborou o video clip denominado pf-vertical. Para a construção deste video clip, o sujeito utilizou a estratégia empregada na construção da Figura 8.139, variando o deslocamento vertical da tartaruga desde o valor 80 até o valor 20. Em centímetros, estes valores correspondem a uma variação na distância do ponto de fuga, em relação à linha de terra, de 1,60 m até 40 cm.

Lembrando que a construção na tela reproduz como a sala é vista pelo observador, com seu olho fixo, sobre o eixo z do sistema de eixos coordenados x y z, e que o ponto de fuga F mantém-se localizado no centro da tela, a projeção da sala na tela desloca-se para cima à medida que o sujeito muda sua postura corporal até atingir a posição mínima (sujeito agachado).

8.2.5.3.11) Design da Sala com Diferentes Distâncias entre o Observador e o Plano de Projeção (Tela)

Como já apresentado no Capítulo 5 desta pesquisa, no ambiente tridimensional do Logo, o olho do observador (ponto de vista) está localizado sobre o eixo z do sistema de eixos coordenados x y z, cujo centro coincide com o centro da tela do monitor, à frente desta. No programa *SlogoW*, a distância entre o olho do observador e a tela está fixada em 360 passos da tartaruga.

Ocorre, entretanto, que essa distância não é absoluta, podendo ser alterada de acordo com o usuário. Essa possibilidade permite ao usuário a representação de cenas e objetos espaciais com um maior realismo pois, além de ser possível a variação da distância e da posição de um objeto, em relação ao plano de projeção, como já explorado nos itens anteriores, a distância do observador ao plano de projeção também pode variar.

Por exemplo, quando o objeto a ser projetado estiver atrás da tela, o aumento da distância do ponto de vista em relação à tela, definido no procedimento **tridimensional** do *SlogoW*, corresponde à situação em que um observador que está olhando um objeto através de uma janela, afasta-se dela. Em fotografia, esta situação corresponde à troca da lente normal por uma lente teleobjetiva, ocasião em que a distância da lente (olho do observador ou ponto de vista) em relação ao filme (janela ou tela do monitor) aumenta.

8.2.5.3.11.1) Design da Sala com o Quadrado Maior Atrás da Tela

Para explorar a situação descrita, a pesquisadora solicitou ao sujeito que, utilizando o programa **sala.perspectiva.espaço**, procurasse representar a sala com o quadrado maior construído 20 passos atrás da tela, e que alterasse a distância entre o observador e a tela, inicialmente para 200 passos, e posteriormente para 500 passos[34].

Refletindo sobre sua tarefa, o sujeito concluiu que deveria ajustar o deslocamento da tartaruga sobre o eixo z, no procedimento **referência.fundo.espaço**. Dessa forma, levando

[34] Ressalta-se que no *SlogoW* as referidas distâncias podem ser alteradas através da definição do parâmetro F no procedimento **tridimensional**, como já explorado no Capítulo 5 desta pesquisa.

em consideração a profundidade da sala (150 passos), ele alterou o deslocamento **ande -150** para **ande -170**.

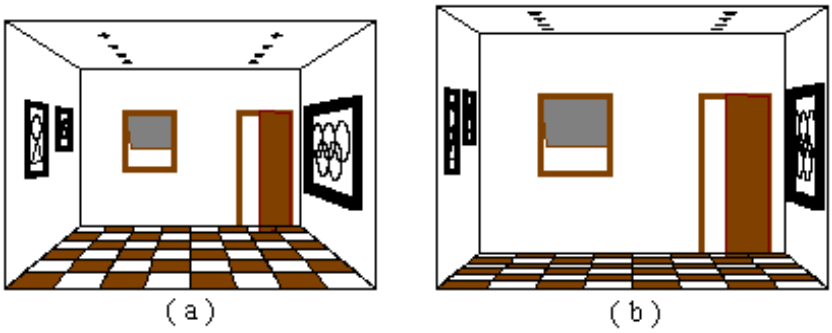


Figura 8.140 – Sala em perspectiva com o quadrado maior construído 20 passos atrás da tela
(a) Distância entre o observador e a tela igual a 200 passos
(b) Distância entre o observador e a tela igual a 500 passos

Analisando a Figura 8.140, observa-se que, nas figuras resultantes das projeções da sala, as dimensões dos retângulos, construídos em planos paralelos à tela, aumentam à medida em que a distância entre o ponto de vista e a tela aumenta, e que as dimensões que correspondem à profundidade da sala, diminuem, de uma maneira análoga à observação de uma cena ou um objeto através de uma janela, ou em fotografias obtidas com lentes teleobjetivas.

Com o objetivo de mostrar uma animação da variação da forma da projeção da sala, com a distância entre o ponto de vista e a tela variando desde 100 até 600 passos, para o quadro maior da sala construído atrás da tela, o sujeito elaborou o video clip zoom1. Este video clip representa o efeito da aplicação contínua do "zoom" de uma filmadora, focalizando uma sala com características idênticas à da sala construída no ambiente Logo. O efeito de ampliação obtido não é grande, uma vez que a distância entre a sala e o plano de projeção é pequeno (20 passos).

8.2.5.3.11.2) Design da Sala com o Quadro Maior na Tela

Quando a face anterior do objeto a ser projetado estiver no plano da tela (como na Figura 8.136), o aumento da distância do ponto de vista em relação à tela, corresponde à situação em que um observador que está olhando um objeto através de uma janela afasta-se dela. Na presente situação, uma das faces do objeto posiciona-se em contato com a janela. Em fotografia, não encontramos uma correspondência a esta situação, porém, essa situação ilustra o início do "design" da sala em perspectiva (Item 8.2.4.1.3), elaborado pelo sujeito. Na estratégia utilizada pelo sujeito, o quadrado maior foi desenhado no plano de quadro (Figura 8.91).

O sujeito reproduziu, no ambiente do Logo Tridimensional, esta situação e, para tanto, ajustou o valor de **F** no procedimento **tridimensional** do *SlogoW*, apresentando os resultados reproduzidos na figura abaixo.

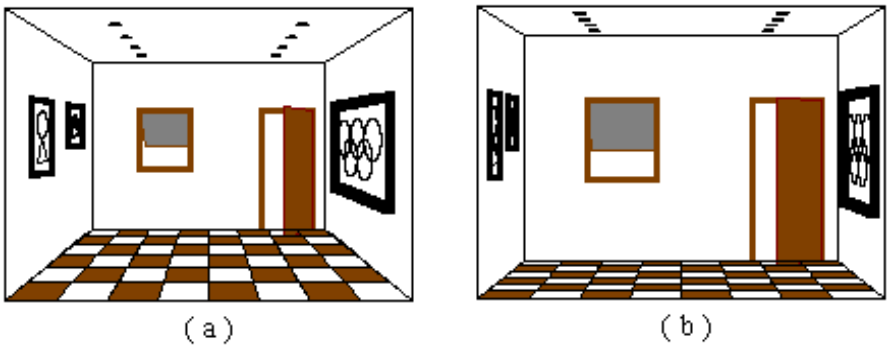


Figura 8.141 – Sala em perspectiva com o quadrado maior construído no plano da tela
(a) Distância entre o observador e a tela igual a 200 passos
(b) Distância entre o observador e a tela igual a 500 passos

Objetivando mostrar uma animação da variação da forma da projeção da sala, para o retângulo maior construído no plano da tela, o sujeito elaborou o video clip zoom2. Neste video clip, a distância entre o observador e a tela, inicialmente igual a 100 passos, aumenta até 600 passos.

Analisando a figura acima, bem como o video clip, o sujeito observou que independentemente da distância entre o observador e a tela, o quadrado maior apresenta as mesmas dimensões utilizadas em sua construção, uma vez que eles foram construídos no plano de projeção. O retângulo menor, que representa a parede mais afastada, aumenta com o aumento da distância entre o observador e a tela, enquanto que as dimensões que representam a profundidade da sala diminuem.

8.2.5.3.11.3) Design da Sala com o Quadro Maior à Frente da Tela

Quando a face posterior do objeto (retângulo menor) estiver no plano da tela (como na Figura 8.135), não se encontra uma correspondência com a técnica utilizada pelos artistas ao perspectivar um objeto, ou em fotografia. Uma vez que o Logo Tridimensional contém, intrinsecamente, em seu sistema computacional, o processo de projeção cônica, torna-se possível projetar a sala com o quadrado maior construído à frente da tela, como já ocorrido na Figura 8.135.

Dessa forma, a pesquisadora solicitou ao sujeito que elaborasse uma nova vista da sala construída com o programa **sala.perspectiva**, na qual o observador estivesse a uma distância da tela maior que os 360 passos utilizados na construção da Figura 8.135.

Respondendo a esta solicitação, o sujeito apresentou a figura reproduzida abaixo, na qual a distância entre o observador e a tela foi ajustada para 720 passos, alterando o valor de **F** no comando **tridimensional** do *SLogoW*.

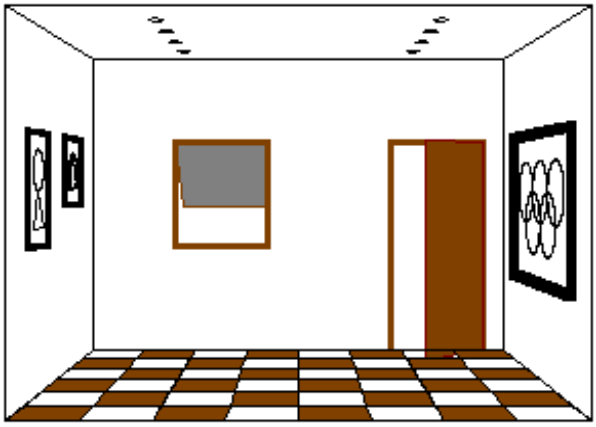


Figura 8.142 – Sala em perspectiva com o quadrado menor na tela e o observador a 720 passos da tela

Analisando a figura acima, e comparando-a com a Figura 8.135, o sujeito concluiu que as dimensões dos retângulos menores mantiveram-se, enquanto que as dimensões dos retângulos maiores alteraram-se. Na figura 8.144, o retângulo maior teve suas dimensões reduzidas. Tal alteração pode ser compreendida pelo esboço da representação do processo de projeção cônica, obtido na interação entre a pesquisadora e o sujeito. Assim sendo, apresenta-se abaixo o referido esboço.

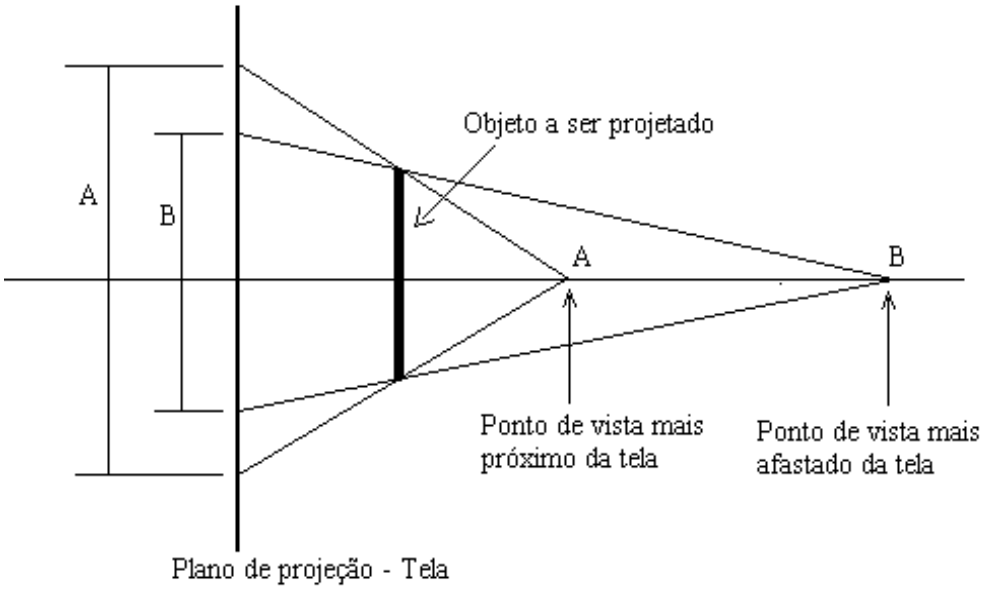


Figura 8.143 – Esboço da projeção cônica

Para ilustrar as alterações ocorridas na forma da sala projetada, o sujeito elaborou a animação zoom3, na qual a distância entre o observador e a tela variou de 360 a 1000 passos.

8.2.5.4) Comentários Finais do Design da Sala

Assim procedendo, o sujeito deste estudo concluiu com sucesso o "**Design" da Sala**. Convém ressaltar que, neste estudo, foi possível responder o problema que permeou esta pesquisa. Em outras palavras, nos diversos momentos dessa interação, pôde-se constatar as

possibilidades didático-cognitivas do Logo Tridimensional, na constituição das estratégias e na elaboração dos procedimentos pelo sujeito pesquisado, no processo de transformação de idéias geométricas em formas geométricas, essência do Logo Tridimensional.

Neste estudo, o contexto do Logo Tridimensional inserido no ambiente multimídia *AVI Constructor* foi favorável ao sujeito, pois propiciou-lhe a exploração e a compreensão dos conceitos matemáticos inerentes às estratégias de resolução de problemas, tais como: perspectiva, simetria, teorema de Pitágoras, teorema de Tales, conceitos de escala e proporção, conceitos de geometria analítica, entre outros. E, além disso, o ambiente Logo, inserido em um ambiente multimídia, possibilitou ao sujeito deste estudo a plena compreensão da diferença entre construir e representar uma circunferência.

Ressalta-se que, no Capítulo 9 serão apresentadas as considerações finais desta pesquisa, e, assim sendo, serão tecidas inferências conclusivas sobre o "design" realizado acima.

8.3) Análise Microgenética

Quando se propõe, neste Estudo de Caso, analisar e compreender o processo da construção do conhecimento, em contextos práticos de resolução de problemas, depara-se com uma tarefa extremamente complexa que exige reflexões e análises pormenorizadas das condutas cognitivas dos sujeitos pesquisados.

O estudo psicológico de resolução de problemas ou de tarefas que não implicam em respostas fechadas e soluções únicas relaciona-se às formas de transformação pragmática do conhecimento em ação, e constitui-se em um campo fértil em fenômenos que promovem articulações entre a psicologia do funcionamento cognitivo e os avanços da Cibernética e da Inteligência Artificial (Miskulin, et al, 1996).

Como já mencionado, no Capítulo 7 desta pesquisa, os avanços constantes e as contribuições, cada vez mais intensas, desses dois campos do conhecimento, entre outros fatores, propiciaram o estabelecimento de relações entre a Epistemologia e a Psicologia Genéticas, constituindo o que, modernamente, a Escola de Genebra entende como Construtivismo Psicológico e Construtivismo Epistemológico.

Os últimos trabalhos de Piaget sobre as investigações psicológicas do sujeito cognoscente e os estudos desenvolvidos por Minsky, Papert, Cellerier e Inhelder proporcionaram uma cooperação e uma articulação, cada vez mais profunda, entre o Construtivismo Psicológico e o Epistemológico (Inhelder e Cellerier, 1992).

A Escola de Genebra propõe-se, atualmente, a investigar o Construtivismo Psicológico, isto é, os procedimento em jogo na resolução de problemas particulares, ou seja, a funcionalidade da inteligência, mais do que a análise estrutural e geral do pensamento, que constitui o Construtivismo Epistemológico. Os microdesenvolvimentos cognitivos (Microgêneses) referem-se à psicologia funcional da inteligência. Sua especificidade consiste em destacar a dinâmica adaptativa do processo individual da constituição do conhecimento empírico, pragmático, conhecimento este, constituído e elaborado, em situações práticas de resolução de problemas.

O referencial teórico que fundamenta a descrição e análise dos dados coletados no Estudo de Caso, como já explicitado no Capítulo 7 desta pesquisa, baseia-se no Construtivismo piagetiano, preponderantemente, na construção Microgenética do desenvolvimento cognitivo.

Tal construção busca compreender como o sujeito controla informações que retira diretamente de suas ações e dos objetos, e das relações entre ambos. Trata também dos significados e valores que o sujeito atribui às suas ações, ao resolver tarefas. Em outras palavras, destaca a influência das significações na representação das ações do sujeito, das suas relações com o objeto, em situação de resolução de problemas.

Os aspectos da atividade cognitiva, privilegiados na perspectiva microgenética de análise, são aqueles que permitem estudar o sujeito cognoscente em suas intenções, valores e heurísticas, sendo esses aspectos, que se procurou destacar no decorrer do Estudo de Caso, realizado nesta pesquisa. Possui ainda uma dimensão teleonômica, que diz respeito aos objetivos, fins e propósitos do sujeito ao agir, e uma axiologia, ou seja, uma dimensão relacionada às avaliações, aos valores que o sujeito atribui às suas próprias ações, com vistas a atingir objetivos determinados. As heurísticas por sua vez, são estratégias que o sujeito compõe, norteado pelos seus objetivos, fins determinados e valores, levando em conta o que lhe é significante; recuperando, dessa forma, a sua subjetividade no processo de redescoberta e busca em situações conflitantes.

Situações de "design", como o **Design de um Moinho Acionado a Vento** e o **Design de uma Sala**, constituem-se em verdadeiros ambientes de aprendizagem, pois propiciam aos sujeitos pesquisados, não só a resolução dos problemas propostos, mas, acima de tudo, propiciam a plena compreensão dos diferentes caminhos e estratégias criadas nessa interação, com vistas a atingir a finalização das tarefas.

A resolução de problemas é concebida como uma atividade de "design", no sentido de elaboração e criação de projetos, nos quais os sujeitos criam estratégias próprias; reavaliam constantemente os objetivos a serem alcançados; transpõem conhecimentos anteriores na composição de suas heurísticas, enfim, recorrem a hipóteses e conjecturas sobre a realidade em que está inserido, ou seja, lançam mão de raciocínios abdutivos, além dos indutivos e dedutivos.

Ao analisar o Estudo de Caso, do ponto de vista microgenético, observa-se que o processo de resolução dos problemas, concebido como uma atividade de "design", elucida uma articulação entre os problemas principais (**Design de um Moinho acionado a Vento** e **Design de uma Sala**) e as diferentes estratégias criadas pelos sujeitos pesquisados. Essa articulação é permeada pela apresentação, pelo mediador[35], de situações-problema intermediárias, as quais exploram e abordam sub-objetivos relacionados com os objetivos inerentes aos problemas principais.

Por exemplo, no **Design do Moinho acionado a Vento**, ressalta-se que problemas intermediários, como o problema da decomposição de polígonos regulares e a determinação do ângulo α, entre outros, foram introduzidos pela pesquisadora, com o objetivo de envolver os sujeitos na busca de estratégias e soluções adequadas que possibilitassem a construção de

[35] Nesta pesquisa mediador refere-se à professor-pesquisador.

uma semi-circunferência (telhado do moinho) com diâmetro paralelo a uma reta horizontal de referência (simetria bilateral).

Por exemplo, no **Design da Sala**, no micromundo tridimensional, a pesquisadora, em diversos momentos, desafiou os sujeitos com problemas intermediários: representação e construção de uma circunferência; construção dos quadros no plano, no micromundo tridimensional; a passagem do **Design da Sala** do plano para o espaço, entre outros.

No **Design do Moinho Acionado a Vento**, no micromundo da tartaruga tridimensional, a pesquisadora desafiou um dos sujeitos pesquisados, com um dos problemas intermediários, que consistiu na representação de uma bola de basquete. O objetivo desta interferência consistiu em propiciar ao sujeito uma situação que lhe possibilitasse a plena compreensão da construção do telhado do moinho, em forma de semi-esfera.

Nessa interação, a interferência da pesquisadora, oferecendo problemas intermediários aos sujeitos pesquisados, não teve como finalidade específica ensinar os comandos do Logo aos sujeitos, mas sim dialogar com as suas dificuldades, a partir de uma situação mais familiar em que eles pudessem estabelecer correspondências e analogias e transporem estratégias e conceitos, anteriormente estudados por eles, em outros contextos. Trata-se, portanto, da utilização de uma situação-problema atuando em um novo contexto como "objeto para se pensar sobre"[36], e do aproveitamento do conhecimento anterior e do êxito, objetivando incitar os sujeitos a avançarem cada vez mais na compreensão do conhecimento. Nesse sentido, o êxito pode ser mais fecundo do que o erro no processo de construção de conceitos geométricos.

Nessa abordagem, o papel do mediador, é extremanente importante, pois, este deve estar sempre oferecendo situações desafiantes, as quais possibilitem aos sujeitos trabalharem o problema proposto em uma outra perspectiva, em outras palavras, no processo de resolução do problema, o mediador deve fazer o sujeito deslocar-se do problema principal para que ele possa adaptar e criar novas estratégias em situações ou contextos mais familiares.

Em outras palavras, o mediador, deslocando o sujeito da perspectiva usual, possibilita-lhe vislumbrar o conflito cognitivo, por outro caminho, possibilita-lhe também encarar de outras maneiras o desequilíbrio que não consegue vencer. A importância não está somente no significante, no caso, por exemplo, do moinho, as formas dos sólidos que o compõem; mas, sim, no significado, o qual o sujeito vai construindo e atribuindo às características do problema, no processo de explicitação de suas estratégias.

Este estudo, baseado em situações-problema concebidas como atividade de "design"**,** revela uma interação articulada entre a pesquisadora, os sujeitos pesquisados, o objeto do conhecimento e as particularidades do ambiente Logo (bidimensional e tridimensional). Percebem-se, nessa interação, dois movimentos distintos relacionados ao raciocínio dos sujeitos.

Nos casos, do **Design do Moinho acionado a Vento**, e do **Design da Sala**, os sujeitos ao deterem-se nos movimentos que a tartaruga deveria fazer para construir as partes do moinho (telhado, corpo, porta e pás), e as diversas partes da sala (parede, piso, teto e quadros), os sujeitos analisaram as particularidades do problema (dimensões dos lados,

[36] Ressalta-se que este conceito foi introduzido por Papert, 1985.

aberturas dos ângulos, relações entre os polígonos que representam as partes do moinho, dimensões das paredes da sala, altura e largura do teto, tamanho dos quadros, entre outros), e testaram as planificações de suas ações, em função dessas particularidades. Estão, pois, centrados no que é observável do objeto (partes do moinho e partes da sala) e nas relações necessárias para poder representar o todo, (moinho e sala), com suas particularidades e características. Caracteriza-se, nesse momento, o que se denomina de movimento "botton-up" (Inhelder e Cellérier,1992). Esse movimento se dá da parte para a parte e da parte para o todo. Como a intenção caminha concomitante com os limites do contexto, em que o problema se insere, ao analisar o plano de resolução do problema e reestruturar esse plano, diversas vezes, os sujeitos vão do geral para o particular, com vistas a avaliar as ações e verificar se essas poderão se concretizar pelas estratégias estabelecidas ("top-down") (Inhelder e Cellérier,1992).

Observa-se, nas atividades cognitivas dos sujeitos pesquisados, uma alternância do aspecto teleonômico (planificação das ações) e do aspecto causal (observáveis do objeto). Por exemplo, no caso do **Design do Moinho**, quando os sujeitos, no processo de resolução do problema, observam a Figura 8.12, e percebem que os moinhos apresentavam um problema – a lateral esquerda não se apresentava de maneira correta, segundo as leis de simetria, isto é, não coincidia com a extremidade esquerda da base. Nesse momento estão pois, centrados no aspecto causal. Quando buscam meios para montarem as possíveis estratégias, estão centrados nos aspectos teleonômicos (observáveis das ações).

No caso do **Design da Sala**, um dos sujeitos, deste estudo, inicialmente construiu as várias partes da sala, no plano, no micromundo da tartaruga tridimensional, reproduzindo e adaptando a planificação da sala construída em cartolina (aspecto causal). Posteriormente, refletindo e coordenando os procedimentos necessários para que esta construção se processasse no espaço, preocupou-se em reproduzir e adaptar a construção da maquete da sala, através do Logo Tridimensional, criando estratégias e reajustes próprios, reestruturando seus procedimentos computacionais, para finalizar seus objetivos (aspectos teleonômicos).

Nesse processo, os sujeitos estão sempre limitados pelas características e particularidades dos problemas (observáveis do objeto), que se constituem nos seus aspectos causais, mas, por outro lado, os sujeitos têm possibilidades de planificar suas ações para alcançarem os seus objetivos (observáveis do sujeito). Nesse sentido, eles procuram criar estratégias as quais equilibram os dois aspectos (causal e teleonômico), e então o aspecto axiológico é que vai se constituir no elemento fundamental na determinação das ações dos sujeitos. E, dessa forma, na atividade cognitiva se faz presente o dinamismo microgenético, isto é, a inter-relação entre as heurísticas, teleonomias e axiologias inerentes às estratégias dos sujeitos pesquisados.

Em outras palavras, pode-se observar e inferir que, na composição da atividade cognitiva, os sujeitos, a toda hora, refletem e decidem sobre quais ações devem ser eliminadas, e quais as que devem ser conservadas, e, nesse sentido,os aspectos axiológicos, relacionados à importância e à valorização das estratégias, desempenham uma função determinante no processo de reflexão e depuração, pois a depuração nada mais é do que o balanço ou equilíbrio, entre os aspectos causais e os aspectos teleonômicos, intermediado pelos aspectos axiológicos.

No **Design do Moinho** no ambiente do Logo Tridimensional, na análise dos procedimentos do sujeito pesquisado, ao buscar compor os sólidos (cilindro - corpo do

moinho e semi-esfera - telhado do moinho) e integrar o todo representado pelo moinho, coordenando com as particularidades e características de seu esboço inicial, existe um processo de generalização construtiva (Moreno e Sastre, 1987), que se caracteriza por uma reconstrução de conhecimentos anteriores advindos de outras situações-problema no contexto do Logo Tridimensional (problemas intermediários), com vistas a alcançar um objetivo pré-determinado pelo sujeito – construção do **Design do Moinho** no contexto do Logo Tridimensional. Essa reconstrução constitui-se em uma planificação dos procedimentos que, em grande parte dos elementos que compõem a heurística procedural, são simples adaptações de contextos vivenciados anteriormente, pelo sujeito, no Logo Bidimensional e em outros contextos. Porém, o problema principal, isto é, o **Design do Moinho** no contexto da tartaruga tridimensional, é novo e exige do sujeito movimentos que vão da intenção (objetivos, fins do sujeito) às particularidades do objeto a ser construído (causalidade) e vice-versa, o que imprime às estratégias reavaliações, controles constantes, reajustes mais complexos do que o **Design do Moinho** no Logo Bidimensional.

Generalizar, portanto, não é simplesmente um processo de repetição de procedimentos anteriores para servir a novos contextos: trata-se de uma verdadeira reformulação de heurísticas, de planificações e de combinações anteriores e atuais, o que constitui sempre uma reconstrução, uma nova elaboração do problema.

Observa-se ainda, neste estudo, que, para a resolução das situações-problema, os sujeitos necessitaram proceder ajustes e reajustes em suas estratégias, lançando mão de novos comandos do Logo, para que fosse possível cumprir seus objetivos. No caso do moinho, fazer com que as pás girassem e, desse modo, conforme as próprias palavras de um dos sujeitos, tornassem seu projeto "vivo", isto é, um moinho acionado a vento, cujas pás giram, simulando os movimentos de um moinho real.

Convém ressaltar que, no próximo capítulo – Considerações Finais –, algumas das concepções, acima apresentadas, serão novamente abordadas por serem de extrema importância nesta pesquisa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

> *"Ao nível do objeto, somos constantemente postos diante da alternativa entre, por um lado, a clausura do objeto do conhecimento, que mutila as suas solidariedades com os outros objetos assim como o seu próprio meio (e que, com isso, exclui os problemas globais e fundamentais) e, por outro lado, a dissolução dos contornos e fronteiras que afoga todo o objeto e nos condena à superficialidade. Ao nível da obra, o pensamento complexo reconhece ao mesmo tempo a impossibilidade e a necessidade de uma totalização, de uma unificação, de uma síntese. Deve, pois, tragicamente visar à totalização, à unificação, à síntese, lutando ao mesmo tempo contra a pretensão a essa totalidade, a essa unificação, a essa síntese, na consciência plena e irremediável do inacabamento de todo o conhecimento, de todo o pensamento e de toda a obra. Esta tripla da tragédia não é só a do estudante, do doutoramento, do investigador, do universitário; é a tragédia de todos: é a tragédia do saber moderno" (Morin, 1986, p.31, grifo da pesquisadora).*

Consciente da impossibilidade e da necessidade de uma síntese, de uma totalização das concepções, idéias, pressupostos, enfim, do conhecimento expresso nesta pesquisa, e, ainda, com a consciência plena e irremediável dos que acreditam no "inacabamento" de todo o conhecimento, de todo o pensamento e de toda a obra, como um prelúdio e uma possível abertura para novas idéias, novas concepções e novos conhecimentos, esta pesquisadora se posiciona de forma a tecer algumas considerações e esboçar algumas reflexões finais sobre esta pesquisa. Porém, almeja-se com esse esboço delinear novos caminhos e outros horizontes na investigação contínua e "inacabada" da Educação Matemática, na esperança de que esta possa transcender os limites e fronteiras da complexidade de seu campo de conhecimento próprio, buscando, constantemente, um novo redimensionamento, uma nova reflexão, um novo olhar do real.

Com essas perspectivas em mente, alguns pressupostos, ou mesmo, considerações metodológicas poderiam ser delineadas a partir da abordagem dada a esta pesquisa, e ao Estudo de Caso realizado. Convém ressaltar que, no decorrer dos capítulos, conforme iam sendo apresentados, já foram tecidas algumas implicações pedagógicas com a finalidade de se delinearem algumas inferências conclusivas.

Assim sendo, como já explicitado na introdução desta pesquisa, procurou-se abordar o problema de investigação – **É possível resgatar as possibilidades didático-cognitivas do Logo Tridimensional na exploração pedagógica de conceitos geométricos?**– em um contexto mais amplo, o qual foi expresso pelas concepções e pressupostos relacionados aos diversos capítulos desta investigação. Em outras palavras, procurou-se elucidar, através dessas concepções e pressupostos, um **dinamismo** entre o problema principal, delineado acima, e os diversos aspectos e temas abordados a respeito da Educação, da sociedade e da Tecnologia. Para tanto, investigou-se o Logo Tridimensional, inserido em um contexto amplo, como uma ferramenta tecnológica que possibilita resgatar e compreender os aspectos matemáticos, computacionais e microgenéticos inerentes aos processos de exploração e construção de conceitos geométricos, através de resolução de problemas, em ambientes informatizados. Dessa forma, o dinamismo entre o problema principal e as abordagens

relacionadas aos capítulos apresentados nesta pesquisa, pode ser expresso pelo esboço abaixo apresentado.

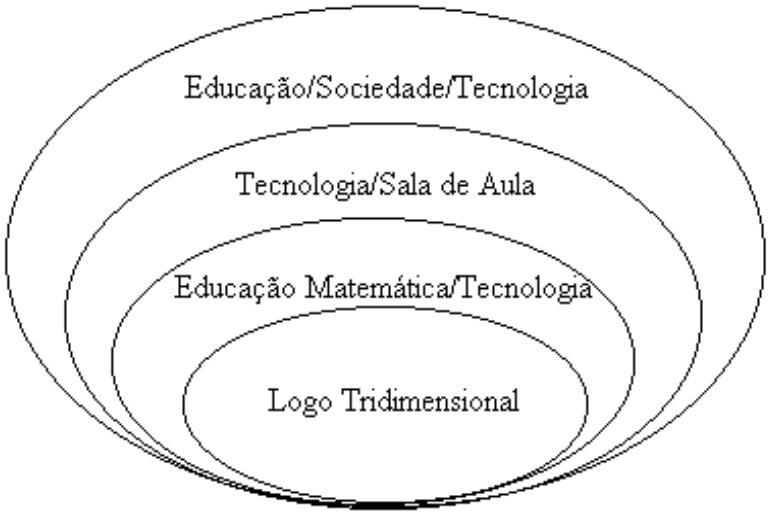


Figura 9.1 – Esboço do dinamismo da pesquisa

Além disso, pretende-se com esta pesquisa, oferecer aos professores e pesquisadores da área algumas concepções teórico-metodológicas visando uma possível reflexão e redimensionamento a respeito das estratégias de ensino e métodos de trabalhos, adequando-os aos avanços tecnológicos que perpassam a Educação, possibilitando, dessa forma, ao ser em formação uma Educação condizente com os anseios e desenvolvimento da sociedade.

Como já abordado no Capítulo 1 desta pesquisa, com a introdução e a disseminação da Informática na sociedade e na Educação, depara-se com um cenário tecnológico que apresenta a existência de uma nova lógica, uma nova linguagem e novas maneiras de compreender e de se situar no mundo em que se vive. Uma questão que se impõe a esta pesquisadora, na qualidade de educadora matemática, preocupada em tornar a ações pedagógicas condizentes com o desenvolvimento tecnológico da sociedade, traduz-se por: Como compatibilizar uma contradição expressa através de uma nova lógica de simplificação de processos com uma concepção de ensino construtivista?

Esta pesquisa procurou fornecer caminhos e meios para que se pudesse, senão encontrar, ao menos, delinear tal compatibilização, em outras palavras, investigou-se como o Logo Tridimensional, como uma concepção pedagógica construtivista, pôde resgatar essa nova lógica que está, cada vez mais, impondo-se através da introdução e da disseminação de computadores no contexto educacional.

Porém, convém ressaltar que a introdução e a disseminação de computadores no contexto educacional devem ser analisadas com muitas reflexões, pesquisas e estudos a respeito, pois pensar sobre a introdução e disseminação da Tecnologia na Educação não significa apenas pensar em artefatos tecnológicos, mas, sobretudo, significa refletir e pensar sobre Educação e sobre os possíveis benefícios que essa Tecnologia poderá trazer para a sociedade. Sabe-se que a utilização da Tecnologia na Educação, por si só, não conduz à emancipação e nem à opressão de indivíduos, mas, por outro lado, tal Tecnologia está

incorporada em contextos econômicos e sociais que determinam as suas aplicações. E, desse modo, esses contextos devem ser reavaliados constantemente, para assegurarem que as aplicações da Tecnologia na sociedade e na Educação desenvolvam e conservem valores humanos, ao invés de extinguí-los.

Sabe-se que o mundo está mudando e que continuará mudando, cada vez mais rapidamente. Desse mundo, em mudanças e tranformações constantes, decorre uma sociedade que, de acordo com Toffler (1990), pode ser caracterizada como a sociedade do conhecimento, na qual as inovações e as informações serão processadas de uma maneira rápida e contínua. Por isso, torna-se necessária a formulação imediata de uma política educativa coerente, que possa responder aos anseios atuais da sociedade, visando à preparação plena dos indivíduos. Tal política deve considerar os avanços da ciência e da tecnologia, porém estas devem ser elaboradas de modo a estabelecerem uma relação harmoniosa entre os valores culturais, científicos e humanos. Assim sendo, a inserção da Tecnologia na Educação deve ser compreendida e orientada no sentido de proporcionar aos indivíduos o desenvolvimento de uma inteligência crítica, mais livre e criadora.

Dessa forma, espera-se que a política educacional desempenhe um papel fundamental na criação de possibilidades e mecanismos que ofereçam uma Educação de qualidade a todos, condizente com o desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia.

Nesse cenário, o professor assume um papel fundamental, pois, como educador, deve abrir a sua mente para esse universo novo, que está cada vez mais permeado de tecnologia, incorporando à sua ação pedagógica as novas maneiras de gerar e de disseminar o conhecimento, convivendo com essa tecnologia, no sentido de colocá-la à disposição dos professores para uma utilização consciente e crítica, e não se sujeitarem a ela por simples desinformação.

Nessa mesma perspectiva, enfatiza-se que os fatos acima esboçados foram evidenciados nas entrevistas apresentadas no Capítulo 2 desta pesquisa, as quais expressaram que o professor consiste em uma das peças fundamentais no processo de introdução e utilização de Tecnologia na escola. Constatou-se ainda, que muitas dificuldades e obstáculos de diversas ordens surgiram na implementação da Tecnologia nas escolas. Porém, convém assinalar que, apesar das dificuldades encontradas, os professores entrevistados lutaram e não mediram esforços para continuarem com seus objetivos e projetos. Infere-se que esta situação, muitas vezes, é adversa à realidade brasileira, cuja política educacional não está criando mecanismos que priorizem a Tecnologia no contexto escolar e, além disso, muitos professores não se convenceram ainda da importância da introdução e da utilização da Tecnologia na sala de aula.

É certo que a introdução e a utilização da Tecnologia nas escolas públicas brasileiras está apenas iniciando-se, porém torna-se importante e imprescindível que os formuladores de políticas educacionais estejam conscientes que esse processo não se encerra apenas com a introdução de alguns computadores nas escolas. Um aspecto fundamental dessa implementação consiste na formação de professores, que devem receber uma preparação adequada à utilização consciente e crítica da Tecnologia. E, além disso, um outro aspecto necessário, como ressaltado nos depoimentos dos professores entrevistados no Capítulo 2, refere-se à implementação de redes de computadores e infra-estruturas, possibilitando acesso à Internet, como um poderoso meio na busca de informações e de conhecimentos. No momento em que, nos países mais avançados, já se considera a introdução da realidade

virtual no ensino, aspectos como os citados devem ser considerados por todos aqueles que se propõem investir esforços para uma real implementação da Tecnologia no contexto educacional.

Assim sendo, um pensamento de Papert (1994a) que expressa essas concepções e que se espera que sejam apropriadas pelos educadores, traduz por

> "Com muito mais poder persuasivo do que a filosofia de um pensador até mesmo tão radical como Dewey, a Informática, em todas as suas diversas manifestações, está oferecendo aos inovadores novas oportunidades para criar alternativas. A pergunta que permanece é: Estas alternativas serão criadas democraticamente? Em essência, a educação pública mostrará o caminho ou, como na maioria das coisas, a mudança primeiro melhorará as vidas dos filhos dos ricos e poderosos e apenas lentamente e com um certo grau de esforço entrará nas vidas dos filhos do resto de nós? A escola continuará a impor a todos um único modo de saber ou se adaptará a um pluralismo epistemológico?" (Papert, 1994a, p.13).

Dessa forma, as concepções acima, traduzem as preocupações e as ansiedades desta pesquisadora, na esperança de que surjam reflexões, estudos e pesquisas que visem redimensionar e transcender o cenário atual da Educação, proporcionando, dessa forma, uma escola que vise à formação de indivíduos críticos, conscientes e livres, os quais possam se integrar plenamente na sociedade.

Nesse contexto, os educadores devem resgatar para a sala de aula o saber tecnológico, propiciando aos sujeitos verdadeiros ambientes de aprendizagem, nos quais as idéias, e os conceitos desenvolvidos tenham significado e façam sentido a eles, possibilitando a construção plena do conhecimento.

Essas considerações e aspectos puderam ser evidenciados no Estudo de Caso, realizado nesta pesquisa. Assim sendo, ao analisar as idéias e concepções abordadas neste estudo, acredita-se que, tanto a análise microgenética quanto os ambientes informatizados são providos de recursos importantes e necessários à compreensão das estratégias inerentes ao processo de construção de conceitos geométricos. Em ambientes nos quais o computador se faz presente, no caso específico do ambiente Logo, sentiu-se que foi possível resgatar os processos cognitivos dos sujeitos pesquisados no Estudo de Caso, pela descrição de suas programações e também pela constituição das diferentes estratégias e heurísticas utilizadas por eles ao adaptarem os seus conhecimentos anteriores ao processo de Resolução de Problemas à diferentes contextos.

Como foi mencionado, anteriormente, no Capítulo 7 desta pesquisa, a análise microgenética constitui um campo conceitual próprio para o estudo do funcionamento cognitivo, em períodos de conflitos, de transição, em que se verifica a abertura para novos possíveis. Em outras palavras, essa análise esclarece o problema do ponto de vista local, isto é, a funcionalidade do conhecimento, mais do que a análise estrutural do pensamento. Esta análise elucida ainda, os caminhos que a inteligência percorre para dar conta de uma dada situação-problema. Sua especificidade consiste em destacar a dinâmica adaptativa do processo individual da constituição do conhecimento empírico, pragmático, conhecimento este constituído e elaborado, em situações práticas de resolução de problemas.

Nesse sentido, enfatiza-se que, na descrição da análise realizada sobre o dinamismo microgenético dos sujeitos pesquisados, nos ambientes do Logo Bidimensional e Tridimensional, aspectos referentes às considerações acima mencionadas foram evidenciados em diferentes momentos do estudo realizado, nos quais os sujeitos necessitaram criar

estratégias, adequá-las e transpô-las a diversos contextos. A análise microgenética, portanto, forneceu subsídios para que se compreendesse o dinamismo microgenético das condutas cognitivas dos sujeitos pesquisados em situações práticas de resolução de problemas, uma vez que um determinado conceito está intrinsecamente relacionado a diferentes referenciais ou contextos.

Convém mencionar ainda, que a análise microgenética permite perceber não apenas as formas de raciocínios necessários à resolução de um dado problema, mas também como a criação de heurística está subordinada aos controles e conhecimentos anteriores do sujeito (representação de polígonos, decomposição de polígonos, com um número par de lados, entre outros) e aos objetivos – situações-problema exploradas nessa interação, quais sejam**: "Design" de um Moinho Acionado a Vento** e **"Design" de uma Sala**.

Ressalta-se que a abordagem de resolução de problema concebida como uma atividade de "design", como explicitado no Capítulo 7 desta pesquisa, possibilitou integrar as situações-problema desenvolvidas pelos sujeitos deste estudo, em um contexto, que lhes possibilitou interagirem com os diversos elementos constituintes do problema. Em outras palavras, concebe-se Resolução de Problemas como uma atividade de "design", no sentido de elaboração e criação de projetos, nos quais os sujeitos criam estratégias próprias, reavaliam constantemente os objetivos a serem alcançados, transpõem conhecimentos anteriores na composição de suas heurísticas, enfim, recorrem a hipóteses e conjecturas sobre a realidade em que estão inseridos, ou seja, lançam mão de raciocínios abdutivos, entre outros raciocínios.

Em outras palavras, os sujeitos pesquisados[1] ao interagirem, com projetos delineados por eles e elaborados em uma situação de investigação e busca – "Design" de um Moinho Acionado a Vento e "Design" de uma Sala –, inserem-se em um processo de "diálogo" com os elementos significativos dos problemas, de modo a elaborarem estratégias próprias, criarem heurísticas, levantarem conjecturas, hipóteses e testá-las matematicamente.

Assim sendo, no Estudo de Caso desta pesquisa, uma das situações-problema, concebida como uma atividade de "design", constituiu-se no "Design" do Moinho Acionado a Vento, elaborado e desenvolvido no ambiente Logo (Bidimensional e Tridimensional). Dessa forma, os dois sujeitos pesquisados iniciaram essa situação-problema investigando na Internet aspectos sobre moinhos de vento, com o objetivo de delinearem um modelo particular para os seus "designs", cujos resultados foram apresentados no Item 8.1.2. Enfatiza-se que pesquisas como essa, na Internet, devem ser incentivadas pelos professores com o objetivo de possibilitar aos alunos a inserção em um ambiente de busca e investigação, que propicie a exploração de conceitos abstratos e complexos, de uma maneira simples e natural, em diversos campos do conhecimento.

No "Design" do Moinho Acionado a Vento (Figura 8.6), os dois sujeitos pesquisados (Sujeito A e Sujeito B) consideraram, em uma interação com a pesquisadora, que para a plena representação do moinho, na tela do computador e para que esta se constituísse em uma

[1] Convém lembrar que, como já mencionado anteriormente, as situações-problema trabalhadas no Estudo de Caso realizado nesta pesquisa foram: **"Design" de um Moinho Acionado a Vento** e **"Design" de uma Sala**. O "Design" de um Moinho Acionado a Vento, no ambiente do Logo Bidimensional foi desenvolvido pelos dois sujeitos (Sujeito A e Sujeito B). Na implementação desta situação-problema, no ambiente do Logo Tridimensional, somente o Sujeito A realizou esse "design". Por sua vez, no "Design" de uma Sala, no ambiente do Logo Tridimensional, somente o Sujeito B foi quem realizou esse "design".

atividade de “design”, deveriam considerar a simetria entre o corpo e as partes do moinho, entre outros aspectos. Para tanto, os sujeitos pesquisaram na literatura conceitos a respeito de simetria. Ressalta-se que esse fato propiciou não somente uma possibilidade para que os sujeitos compreendessem melhor os conceitos de simetria ao interagiram com as particularidades de seus esboços a fim de projetá-los no micromundo bidimensional e tridimensional, mas, além disso, tal atividade possibilitou inserir os sujeitos em um ambiente de investigação, de pesquisa, de busca de uma possível fundamentação matemática para as suas ações no ambiente Logo.

Assim sendo, compreenderam neste estudo, a importância da **simetria** e como ela está presente a sua volta, isto é, descobriram que a simetria está presente nas artes, na natureza, nas ciências, na poesia e na arquitetura. Com efeito, a simetria pode ser encontrada próxima ao convívio diário das pessoas, a cada momento de suas vidas. Perceberam também que, na simples apreciação de um quadro, de uma escultura ou de uma obra de arte, os sentimentos de beleza e estética são influenciados pela presença ou não da simetria.

Os sujeitos pesquisados, na investigação sobre simetria e na interação com o ambiente Logo, compreenderam ainda que existem diferentes tipos de simetria: central, axial e de rotação, e assim sendo, puderam, no desenvolvimento de seus projetos, nos diferentes momentos de constituição de estratégias e procedimentos computacionais, chegar a uma plena compreensão da simetria aplicada a um contexto real – “Design” de um Moinho Acionado a Vento.

Desse modo, ressalta-se que pôde ser constatado nesta pesquisa, no “Design” do Moinho, Acionado a Vento, o verdadeiro sentido das palavras de Gleiser (1998) sobre simetria, como já apresentadas no Capítulo 8 desta pesquisa, quais sejam:

> “Simetria é o ponto de encontro entre beleza e ordem. Existe algo profundamente satisfatório na apreciação de uma forma simétrica, seja ela a arquitetura de um templo grego, de uma pirâmide egípcia ou de uma catedral gótica. Ou as asas de uma borboleta, a concha de um molusco, um arco-íris. Essa apreciação universal pelo simétrico como manifestação do belo vai além de sua expressão artística, através dos tempos. Simetria é também uma das grandes fontes de inspiração da criatividade científica.”

Assim sendo, foi exatamente à procura da coesão entre a beleza e a ordem, entre o desenho e a forma, entre a exploração e a cientificidade que os sujeitos orientados por esta pesquisadora, puderam trabalhar na transformação de um **idéia** geométrica – **esboço** do moinho, em uma **forma** geométrica – “**Design**” do Moinho Acionado a Vento.

Nessa interação, durante as explorações e descobertas de estratégias que considerassem a simetria de uma parte do moinho – telhado em forma de semicircunferência, os sujeitos pesquisados compreenderam a **diferença** entre a **construção** e a **representação** de uma **circunferência**, no ambiente Logo, no Capítulo 8 desta pesquisa. Esta diferença pôde ser constatada à medida que os sujeitos utilizaram polígonos com números cada vez maiores de lado, no processo de construção da circunferência (telhado do moinho).

Nesse processo, pelos procedimentos computacionais elaborados pelos sujeitos pesquisados, explorou-se a diferença da utilização da estratégia que **constrói** a circunferência simulando o compasso (Item 8.1.5.1.6.1.4) e da estratégia que **representa** a circunferência por um polígono de 360 lados, pois, apesar das duas estratégias apresentarem, como figuras resultantes na tela, formas que se assemelhassem a circunferências, somente uma delas é que

constrói a circunferência real, qual seja, a estratégia que simula o compasso, pois nela está subjacente o conceito matemático que define uma circunferência, isto é, circunferência é o lugar geométrico dos pontos eqüidistantes do centro. Como conseqüência desta definição, obtém-se um único polígono na tela, independente do sentido de sua construção (horário ou anti-horário). Portanto, a estratégia que representa a circunferência por um polígono de 360 lados não se constitui em uma estratégia adequada à sua construção, pois a utilização desta estratégia na construção de um polígono no sentido horário resulta em uma figura que não coincide com a obtida através da construção do mesmo polígono no sentido anti-horário, partindo do mesmo ponto, com a tartaruga em direção contrária (tartaruga direcionda para cima na construção no sentido horário, e para baixo na construção no sentido anti-horário).

Ressalta-se que fatos como esses evidenciam as potencialidades didático-cognitivas do ambiente Logo na exploração e construção de conceitos geométricos, pois este ambiente está sempre solicitando aos sujeitos pesquisados uma reflexão e uma depuração de seus procedimentos e reavaliações de suas estratégias. Trata-se, portanto, de contextos propícios à plena compreensão da construção de conceitos geométricos.

Convém mencionar que, durante o desenvolvimento do Estudo de Caso, nas duas situações-problema trabalhadas – "Design" de um Moinho A cionado a Vento e "Design" de uma Sala – a pesquisadora interviu, sempre que necessário, propondo aos sujeitos pesquisados problemas intermediários tais como: Decomposição de um polígono regular com um número par de lados, em duas poligonais abertas na horizontal (Item 8.1.5.1.5.1); Determinação da medida do ângulo formado entre o segmento que une as extremidades de um semi-polígono e uma reta horizontal de referência (ângulo α) (Item 8.1.5.1.6); Construção da circunferência (Item 8.1.5.1.6.1.4); Representação bidimensional de corpos redondos no ambiente do Logo Tridimensional: cilindro e esfera (bola de basquete) (Item 8.1.8.3) e Construção do Quadro 1 no espaço (Item 8.2.5.2).

Nessa interação, a interferência da pesquisadora, oferecendo problemas intermediários aos sujeitos pesquisados, não teve como finalidade específica ensinar os comandos do Logo aos sujeitos, mas sim dialogar com as suas dificuldades, a partir de uma situação mais familiar em que eles pudessem estabelecer correspondências e analogias e transporem estratégias e conceitos, anteriormente estudados por eles, em outros contextos. Trata-se, pois, da utilização de uma situação-problema atuando, em um novo contexto, como "*objeto para se pensar sobre*"[2], e do aproveitamento do conhecimento anterior e portanto, do êxito, objetivando incitar os sujeitos pesquisados a avançarem cada vez mais na compreensão do conhecimento. Nesse sentido, o êxito pode ser mais fecundo do que o erro, no processo de construção de conceitos geométricos.

No "Design" de um Moinho Acionado a Vento, no micromundo da tartaruga tridimensional, realizado pelo Sujeito A, do Estudo de Caso, um fato importante ocorreu, quando este sujeito deparou-se com a representação de corpos redondos ao construir a base do moinho em forma de círculo (parte do corpo do moinho – cilindro) e o telhado, em forma de uma semi-esfera. Para a representação do cilindro, no ambiente Logo Tridimensional, caracterizado pela simetria em relação a um eixo passando pelos pontos médios de suas bases, o sujeito recorreu ao conceito de **sintonicidade corporal** e o aplicou em um cilindro construído em acrílico transparente. No exercício mental das transposições das estratégias no contexto do material manipulativo para o ambiente da tartaruga tridimensional ocorreram

[2] Ressalta-se que este conceito foi introduzido por Papert, 1985.

raciocínios complexos, relacionados à visualização do sólido no espaço e a interpretação de sua representação na tela do computador.

Desse modo, o sujeito pesquisado (Sujeito A) precisou proceder reajustes em seus procedimentos computacionais, adequando-os às particularidades do contexto tridimensional, ou seja, reajustou a posição da base do cilindro, em forma de círculo. Para melhor visualizar as transformações na aparência do cilindro representado na tela, decorrente da **perspectiva cônica**, o sujeito elaborou o video clip **cilindro.anima**, o qual reproduz de forma contínua o efeito da inclinação lateral do cilindro, desde a posição correspondente a sua base apoiada no plano, até aquela que o representa completamente tombado, com sua lateral apoiada sobre um plano horizontal. Nesse processo, o sujeito compreendeu o significado de círculos (base do cilindro – base do corpo do moinho) construídos em planos oblíquos à tela do computador.

Convém mencionar que, nessa interação, pôde ser evidenciado que, durante a construção do telhado do moinho, em forma de semi-esfera, o Sujeito A recorreu a uma esfera construída em acrílico transparente, com o objetivo de compreender as ações que a tartaruga deveria realizar ao descrever a semi-esfera (telhado do moinho) no ambiente tridimensional. Dessa manipulação concreta e de reflexões constantes, o sujeito abstraiu as estratégias necessárias à construção dos procedimentos computacionais que construiriam a esfera no espaço. Uma vez que a esfera havia sido construída em uma única cor, e sua aparência, na tela, se mostrava semelhante à de um círculo, decorrente da projeção cônica da esfera na tela, o Sujeito A teve dificuldades em visualizar a representação da esfera no plano. Nesse sentido, a pesquisadora desafiou o sujeito pesquisado, com um dos problemas intermediários, que consistiu na representação de uma bola de basquete com gomos coloridos. O objetivo desta interferência consistiu em propiciar ao sujeito pesquisado um outro contexto, no qual ele pudesse perceber as ações da tartaruga necessárias para a plena representação e construção da esfera. Durante esse processo, o sujeito construiu a bola de basquete como sendo composta de duas semi-esferas e adaptou as suas estratégias, através da elaboração de novos procedimentos computacionais para a construção do telhado do moinho em forma de semi-esfera.

Ainda nessa interação, o Sujeito A, ao compor os sólidos que representavam o corpo do moinho – cilindro – , e o telhado – semi-esfera – com as pás construídas com simetria de rotação – triângulos –, na construção do todo, expresso pelo moinho, obteve uma forma, na tela, correta, do ponto de vista matemático, condizente com os procedimentos computacionais elaborados por ele, porém inesperada, pois as pás pareciam ter sido construídas no topo do moinho (Figura 8.70). Assim sendo, recorreu aos recursos do Logo Tridimensional (comando **role**), projetando na tela as vistas laterais esquerda e direita do moinho (Figura 8.71(a) e (b)). Da análise e interpretação dessas figuras, o Sujeito A pôde constatar a forma simétrica, expressa pela projeção cônica do cilindro e da semi-esfera, concluindo que a aparência resultante, através dos deslocamentos verticais das pás estavam associadas ao efeito da projeção cônica.

Esses fatos evidenciam as possibilidades didático-cognitivas do Logo Tridimensional na exploração de conceitos geométricos, pois, além de permitirem ao sujeito pesquisado a visualização, através das constantes interpretações espaciais de objetos tridimensionais representados no plano, criando raciocínios cada vez mais elaborados, verdadeiras heurísticas, ainda oferecem elementos importantes para que os professores possam compreender os meandros resolutivos inerentes à constituição e à construção do conhecimento, em situações práticas de resolução de problemas – “design”.

Nessa abordagem, o **papel do mediador** é extremamente importante, pois, este deve estar sempre oferecendo situações desafiantes, que possibilitem aos sujeitos trabalharem o problema proposto em uma outra perspectiva, em outras palavras, no processo de resolução do problema, o mediador deve fazer o sujeito deslocar-se do problema principal para que ele possa adaptar e criar novas estratégias em situações ou contextos mais familiares.

Em outras palavras, como já mencionado no capítulo anterior desta pesquisa, o mediador, deslocando os sujeitos da perspectiva atual, possibilita-lhes vislumbrar o conflito cognitivo, por outro caminho, possibilita-lhes também encarar de outras maneiras o desequilíbrio que não conseguem vencer. A importância não está somente no significante, no caso do moinho Tridimensional, nas formas dos sólidos que o compõem, mas sim no significado, o qual o Sujeito A, vai construindo e atribuindo às características do problema, no processo de explicitação de suas estratégias.

Desses aspectos decorre a importância didático-cognitiva do ambiente Logo (Bidimensional e Tridimensional), no sentido de propiciar contextos favoráveis para que a criatividade dos sujeitos se manifestem, isto é, para que esses possam utilizar raciocínios cada vez mais elaborados, lançando mão de hipóteses e conjecturas e avaliando-as nas estratégias constituídas por eles.

Esses aspectos foram também elucidados em uma outra situação-problema explorada neste estudo, qual seja: "**Design" de uma Sala**.

Assim como no "Design" do Moinho Acionado a Vento, no "Design" da Sala, dentre os conhecimentos novos que emergiram da situação problema, um, especificamente, refere-se à compreensão da diferença entre a **representação** de uma **circunferência** e a sua **construção**, no ambiente Logo. Esses aspectos foram trabalhados por um dos sujeitos pesquisados (Sujeito B), na coordenação dos três polígonos que compunham o Quadro 1 (circunferência, triângulo e quadrado), quando um conflito cognitivo surgiu, expresso pela não existência da simetria da circunferência em relação ao eixo vertical, passando pelo ponto médio das bases do triângulo e do quadrado (Figura 8.106 e 8.107). Esta circunferência foi elaborada pela estratégia que constrói um polígono regular de 360 lados. A origem desse conflito foi a mesma do conflito ocorrido na construção do telhado do moinho, no ambiente bidimensional (Item 8.1.5.1.4).

Na presente situação, no ambiente do Logo Tridimensional, na coordenação dos polígonos que compõem o Quadro 1, o diâmetro da figura que representa a circunferência, passando pelo ponto médio das bases do triângulo e do quadrado, não se mostrava vertical, ou seja, apresentava-se ligeiramente inclinado para a esquerda. Esse conflito foi superado, depois de reflexões e depuração das estratégias pelo Sujeito B. Enquanto a **construção** permite não somente visualizar sua **forma** geométrica, mas também garante a aplicabilidade das **propriedades matemáticas** a ela relacionadas, a sua **representação** permite tão somente vislumbrar sua **forma** na tela, uma vez que as propriedades da figura, assim construída, são as mesmas do polígono utilizado para a sua representação. Na coordenação dos polígonos que construíam o Quadro 1, o sujeito pesquisado necessitou reajustar o procedimento computacional que determina o polígono de 360 lados – **repita 360 [ande 1 vire -1]** – adaptando a sua estratégia e fazendo com que o ponto médio do lado que representa a base desse polígono (polígono com lado unitário) coincidisse com o ponto médio das bases do triângulo e do quadrado – **ande -0,5 repita 360 [ande 1 vire -1] ande 0,5**. Ressalta-se que esta estratégia assemelha-se à estratégia que construiu a **poligonal a**, na

solução do problema intermediário do Moinho, no ambiente do Logo Bidimensional, apresentado no Item 8.1.5.1.5.1.

Convém enfatizar que na situação-problema, acima explicitada, a visualização geométrica, através do conceito de sintonicidade corporal, assumiu uma função fundamental, pois, o Sujeito B necessitou, em vários momentos de seu problema, imaginar quais seriam as possíveis ações da tartaruga no "design" da coordenação dos três polígonos regulares que compunham o Quadro 1, e, ainda, refletir sobre quais conceitos matemáticos estariam permeando a sua construção. Enfatiza-se, novamente, que a figura resultante não consistiu em uma circunferência, mas sim em um polígono regular de 360 lados unitários, que apresentou simetria bilateral. Em outras palavras, obteve-se a **representação** da circunferência e não a sua **construção**, uma vez que esta estratégia não satisfez a definição da circunferência, qual seja: lugar geométrico dos pontos eqüidistantes do centro.

Evidenciou-se nos procedimentos acima, a diferença entre a representação de uma figura no plano e a existência de uma figura (objeto manipulável). Enquanto a representação de uma figura consiste no desenho desta sobre uma superfície, ao recortá-la passa-se para a existência dessa figura que, apesar da ínfima espessura do papel, pode ser manuseada. Pode-se, até não considerar a terceira dimensão representada pela espessura do papel, mas nela é possível o deslocamento da Tartaruga. Observa-se, pelos recursos utilizados durante a análise acima, a compreensão e assimilação pelo sujeito, da "sintonicidade corporal".

Assim sendo, buscam-se nas particularidades e nas especificidades de uma situação-problema, fatos evidenciados que podem ser de grande utilidade para o professor de Matemática, em sala de aula, mais especificamente, no que se refere ao seu desempenho diante dos atos de ensinar e aprender. Porém, como já abordado no Capítulo 1 desta pesquisa, convém alertar que, se o professor não tiver acesso aos crescentes avanços tecnológicos, incorre-se no risco de se tornar os atuais métodos de ensino obsoletos, muito aquém do ensino que se almeja, aumentando cada vez mais o desvínculo entre a escola e a sociedade.

A atividade de programar no ambiente Logo constitui-se uma situação adequada para se observar e descrever as ações e reações do sujeito, ao resolver problemas, levantar hipóteses, criar estratégias, enfim, uma situação na qual pode-se inferir sobre os processos resolutivos do sujeito, ao controlar suas estratégias, atribuindo-lhes valores e significados para que possa realizar sua tarefa.

Situações de aprendizagem como estas constituem-se em verdadeiros cenários propícios à construção de conceitos geométricos, pois possibilitam aos sujeitos raciocínios cada vez mais elaborados, presentes nos desafios constantes, nas reavaliações de estratégias, e na reestruturação de procedimentos, permitindo-lhes, desse modo, uma formação mais aprimorada, uma formação que considere a inter-relação dos conteúdos matemáticos com o contexto real.

No "design" da sala, no processo de construções dos quadros, uma outra situação que se constituiu em um contexto de aprendizagem relacionou-se com a generalização das estratégias que os construíam, isto é, o sujeito pesquisado (Sujeito B), reestruturou e generalizou as estratégias anteriores que mantinham os tamanhos dos quadros fixos em outras estratégias, tornando, desse modo, as construções dos quadros possíveis de serem realizadas em qualquer tamanho. Nessa reestruturação, o sujeito necessitou utilizar conceitos

matemáticos de escala e proporção ao ajustar os valores antigos e novos (Itens 8.2.5.1.1.5, 8.2.5.1.2.4 e 8.2.5.1.3.3).

Nessa mesma situação-problema, na construção dos quadros, analisando-se os procedimentos elaborados pelo Sujeito B, ao trabalhar no ambiente tridimensional, constatou-se que o sujeito pesquisado transpôs seus conhecimentos vivenciados em trabalhos anteriores no ambiente bidimensional. Para atingir esse objetivo, o Sujeito B recorreu à utilização de comandos do Logo Tridimensional, que apresentavam correspondência aos comandos de deslocamento e de giro, no Logo Bidimensional (Tabela 8.1).

Enfatiza-se que a atividade de programar no computador e, mais especificamente, no ambiente Logo, possibilitou transparecer as particularidades dos comportamentos cognitivos do sujeito ao descobrir, criar formas de solucionar seus problemas, e de transpor e adaptar seus conhecimentos anteriores às novas situações. Desse modo, um dos os sujeitos pesquisados, no "Design" de uma Sala, ao representar figuras planas com o Logo Tridimensional (Construção dos Quadros) (Item 8.2.5.1), utilizou recursos desse sistema, fazendo analogias e diferenciações com os conhecimentos advindos do contexto Bidimensional, e sentiu que foi preciso transpor este contexto, para realmente conseguir adaptar seus conhecimentos e estratégias ao novo sistema representacional, ou seja, descrever as ações da tartaruga no espaço, com a finalidade de atingir seus objetivos.

Ainda em relação à construção dos quadros, um outro aspecto que merece ser destacado, refere-se à incorporação dos comandos **role** e **cabeceie**, quando o Sujeito B construiu o Quadro 1, no **espaço**, representando a coordenação dos polígonos: triângulo, quadrado e círculo. Ressalta-se que a estratégia utilizada nessa construção mostra a sobreposição do quadrado ao círculo, e do triângulo ao quadrado, de forma coordenada, construídos em planos paralelos à frente da tela (**cabeceie** negativo) (Figura 8.127). Nessa interação, o sujeito mencionado sentiu necessidade de trabalhar com material concreto, usando diferentes cores de cartolina na confecção dos polígonos: quadrado (vermelho), triângulo (amarelo) e círculo (azul). O sujeito deste estudo pôde notar que, ao fazer uma analogia com uma obra de arte, o Quadro 1, composto pelos polígonos sobrepostos, não mais reproduzia a ação do pincel do artista sobre a tela, mas sim uma montagem espacial, na qual os distintos polígonos estavam em diferentes planos paralelos, sendo a distância entre eles igual à espessura da cartolina.

Nessa interação, o contexto, envolvendo a construção dos polígonos com cartolina, foi extremamente rico na exploração e utilização da **sintonicidade corporal**, pois, em outras palavras, a sintonicidade corporal expressa-se pelo conhecimento dos conceitos geométricos que se adquire através dos movimentos do nosso próprio corpo (Papert,1985, p.81).

Assim sendo, durante as construções dos quadros, foram explorados alguns conceitos matemáticos relacionados à Geometria Plana, tais como, isoperimetria, **simetria**, coordenação de figuras geométricas planas, construção de circunferências, conceitos relacionados à geometria das transformações (rotação, reflexão e translação) e ainda o teorema de Pitágoras.

No Estudo de Caso, na constituição do "Design" da Sala no ambiente Tridimensional por um dos sujeitos pesquisados (Sujeito B), em interação com a pesquisadora, uma das características principais consistiu na exploração da **perspectiva cônica**, presente no modelo de visão humana, perspectiva esta que possibilita ao ser humano enxergar a profundidade dos

objetos tridimensionais à sua volta. Como já explicitado nos Capítulos 5 e 8 desta pesquisa a perspectiva serviu tanto aos artistas quanto aos matemáticos, quando a arte fundiu-se com a ciência nos trabalhos do matemático Girard Desargues (Século XVII), o qual iniciou estudos sobre a Geometria Projetiva.

Sabe-se que a perspectiva, apesar de estar presente nos currículos do ensino de primeiro e segundo graus, como um tópico da Geometria e, ainda, constar de alguns livros didáticos, como em Imenes et al., 1997, raramente é abordada em aulas de Geometria. Um depoimento de um dos sujeitos pesquisados ilustrou esse aspecto, quando mencionou que, durante a 8ª série do ensino fundamental, "ouviu falar" em perspectiva pelo seu professor de História, durante uma exploração, em CD-ROM, de pinturas existentes no museu do Louvre, na França[3]. Esses fatos ilustram que, de um modo geral, as disciplinas são tratadas na escola, desvinculadas uma das outras e da realidade, sem significado algum para os alunos. Por outro lado, convém enfatizar que, neste estudo, o aspecto considerado acima, pôde ser resgatado na interação da pesquisadora com um dos sujeitos pesquisados, quando se explorou o "design" da sala em perspectiva, usando lápis, régua e papel, e no ambiente do Logo Tridimensional. (Itens 8.2.4.1.3 e 8.2.5).

Constata-se que a situação-problema – "Design" da Sala constituiu um cenário propício para a exploração de diversas estratégias relacionadas à perspectiva, sempre tendo como referência a sala real e seu esboço (Figura 8.85). Uma das estratégias elaborada pelo sujeito pesquisado consistiu no "Design" de uma Sala em Perspectiva, utilizando lápis e papel, segundo as técnicas de perspectiva, presentes em seu livro de Matemática, usado por ele na escola. (Item 8.2.4.1.3). A segunda estratégia consistiu na construção da sala, em cartolina – "Design" de uma Sala utilizando Planificação (Item 8.2.4.2). A terceira estratégia referiu-se ao "Design" da Sala utilizando Maquete (Item 8.2.4.3) e finalmente, a última estratégia consistiu no "Design" da Sala com o Logo Tridimensional (item 8.2.5). Todos esses contextos possibilitaram ao sujeito deste estudo (Sujeito B) avaliar suas estratégias e seus procedimentos, ajustando-os sempre que necessário, a fim de atingir o seu intento – a construção do "Design" de uma Sala no Logo Tridimensional.

Nessa interação, as situações-problema desenvolvidas pelos sujeitos deste estudo, foram incorporadas em um ambiente de animação – *AVI Constructor*.

A possibilidade de se trabalhar com o Logo em um ambiente multimídia *AVI Constructor* foi extremamente necessária e importante para a plena realização da situação-problema – "Design" de uma sala – pelo sujeito deste estudo, pois, através de um ambiente de animação, foi possível ao sujeito vislumbrar de forma dinâmica, os diferentes ângulos, ou seja, as diferentes perspectivas presentes na construção da sala, reproduzindo os movimentos por ele realizado, durante a observação da sala real, utilizada como uma referência no desenvolvimento e na construção do processo do "design" da sala

Nesse sentido, uma vez que a projeção cônica é intrínseca ao Logo Tridimensional, foi possível ao sujeito deste estudo explorar características dessa projeção, as quais refletiam, em seus resultados finais, as diferentes formas através das quais o sujeito visualizava a sala real, posicionando-se em diferentes pontos no espaço.

---

[3] CD-ROM *Le Louvre: The palace & its painting*.

Como conseqüência dessas explorações, o sujeito elaborou alguns video clips, em que foi explorada a **variação da posição do ponto de fuga (F) sobre a linha do horizonte (LH)**, simulando os deslocamentos laterais do sujeito (direita e esquerda). Em decorrência dessa exploração, o sujeito elaborou o video clip **pf-horizontal.** Dois quadros que elucidam o deslocamento horizontal, acima mencionado, foram apresentados nas Figuras 8.137 e 8.138, Item 8.2.5.3.9.1. Um outro video clip, elaborado pelo sujeito, referiu-se à **variação do ponto de fuga (F) sobre uma reta perpendicular à linha de terra (LT)**, simulando os deslocamentos verticais do sujeito (para cima e para baixo) Em decorrência dessa exploração, o sujeito elaborou o video clip **pf-vertical.** Um quadro que elucida o deslocamento vertical, acima mencionado, foi apresentado na Figura 8.139.

Essas situações, acima comentadas, constituíram verdadeiros ambientes de aprendizagem, uma vez que o sujeito pôde constatar as modificações que ocorreram nas **aparências das formas** dos vários elementos constituintes da sala (quadros, piso, teto, porta e janela). Essas modificações foram decorrentes das transformações matemáticas inerentes à **projeção cônica**, a qual preserva as características da **forma** dos objetos, mas modifica a **aparência** de suas **formas**. Nas Figuras 8.137, 8.138 e 8.139, as únicas **aparências das formas** que ainda se apresentaram inalteradas relacionam-se às figuras planas construídas em um **plano paralelo ao plano de representação** (contorno da parede da frente da sala – a qual possui a porta e a janela –, a moldura da porta e a moldura da janela).

Dessas constatações, ressalta-se que contextos comos esses, constituem-se em verdadeiros ambientes propícios à construção do conhecimento, no caso específico do "Design" de uma Sala, o conhecimento que emergiu desta construção é extremamente importante, pois as regras da projeção cônica explicam como os objetos tridimensionais realmente são. Assim sendo, novamente pôde ser constatada as possibilidades didático-cognitivas do Logo Tridimensional, pois este está sempre oferecendo ao sujeito situações desafiantes, propícias à construção de novos conceitos.

No presente estudo, nas duas situações-problema exploradas, a adaptação de conhecimentos anteriores ao contexto Logo (Bidimensional e Tridimensional), no qual se inseria os problemas principais a serem resolvidos pelos sujeitos, a criação e a reestruturação de estratégias necessárias para se alcançarem os seus objetivos, constituíram-se em uma real heurística, que possibilitou aos sujeitos pesquisados, um envolvimento no processo de depuração imediata e contínua, características intrínsecas do Sistema Logo.

Deve-se ressaltar que a partir da depuração e da análise dos procedimentos, os sujeitos tornam-se capazes de "pensar sobre seu modo de pensar", ou seja, de refletirem a respeito de seus raciocínios implícitos na descrição de seus programas e em cada passo do processo de resolução do problema. A reestruturação de seu programa computacional é conseqüência das reestruturações mentais dos sujeitos.

Nesse processo, convém assinalar que os possíveis erros são fontes de novos caminhos, novas decisões, e portanto, representam um aspecto importante na descrição da análise das condutas cognitivas dos sujeitos, no processo ensino/aprendizagem dos conceitos geométricos, trabalhados nesta interação.

Menciona-se ainda que as situações-problema trabalhadas nesta pesquisa, concebidas como atividades de "design", constituíram contextos favoráveis aos sujeitos pesquisados, pois propiciou-lhes uma exploração e compreensão dos conceitos matemáticos inerentes às

estratégias de resolução de problemas, através do sistema Logo (Bidimensional e Tridimensional), quando se constatou o **movimento sincrônico** dos processos cognitivos dos sujeitos ao resolverem problemas, isto é, o **dinamismo microgenético** das condutas cognitivas do sujeito: a inter-relação entre as **heurísticas, axiologias**, e as **teleonomias**. E, através das condutas cognitivas dos sujeitos, nessa interação, constatou-se também que foi possível **resgatar as possibilidades didático-cognitivas do Logo Tridimensional na exploração pedagógica de conceitos geométricos**, problema de investigação que permeou toda esta pesquisa.

Como já comentado no capítulo anterior desta pesquisa, ao analisar o Estudo de Caso, do ponto de vista microgenético, verifica-se que o processo de resolução dos problemas, concebido como uma atividade de "design", mostra uma inter-relação entre os problemas principais (**"Design" de um Moinho acionado a Vento** e **"Design" de uma Sala**) e as diferentes estratégias elaboradas pelos sujeitos pesquisados. Essa inter-relação é permeada pela apresentação, pela pesquisadora, de situações-problema intermediárias, as quais exploram e abordam sub-objetivos relacionados com os objetivos inerentes aos problemas principais.

Esses aspectos podem ser constatados, por exemplo, no **"Design" do Moinho acionado a Vento**, nos quais os problemas intermediários, como o problema da decomposição de polígonos regulares e a determinação do ângulo α, entre outros, foram introduzidos pela pesquisadora, com o objetivo de envolver os sujeitos na busca de estratégias e soluções adequadas que possibilitassem a construção de uma semicircunferência (telhado do moinho) com diâmetro paralelo a uma reta horizontal de referência (simetria bilateral).

Evidenciou-se também esses aspectos no "Design" da Sala, no micromundo tridimensional. Nessa situação, a pesquisadora, em diversos momentos dessa interação, desafiou os sujeitos com problemas intermediários, tais como: representação e construção de uma circunferência; construção dos quadros no plano e montagem e construção dos quadros, no micromundo tridimensional; a passagem do "Design" da Sala do plano para o espaço, entre outros.

Assim sendo, ressalta-se que, nessa interação, através das condutas cognitivas dos sujeitos, evidenciadas através da composição de suas estratégias, constatou-se também que vários conceitos matemáticos puderam ser trabalhados neste estudo, tais como: Simetria, Teorema de Tales, Teorema de Pitágoras, Ângulos Inscritos e Centrais, Polígonos Regulares, Circunferências Inscritas e Circunscritas, Cordas, Diâmetros, Coordenadas Cartesianas, Paralelismo e Perpendicularismo, Poliedros – esferas, cilindros e prismas, Perspectiva Cônica, Perspectiva Isométrica, conceitos relacionados à Geometria Analítica.

Por esses conceitos matemáticos, trabalhados, e também por outros aspectos abordados durante os vários capítulos, sentiu-se que se pôde evidenciar as possibilidades didático-cognitivas do Logo Tridimensional na exploração pedagógica de conceitos geométricos, em outras palavras, foi possível responder ao problema da investigação desta pesquisa.

Dessa forma, constatou-se que o problema que permeou toda a parte teórica esta pesquisa foi respondido, ou seja**,** foi possível resgatar as possibilidades didático-cognitivas do Logo Tridimensional na exploração pedagógica de conceitos geométricos. O contexto Logo

propiciou subsídios teórico-metodológicos para que esta pesquisadora pudesse realizar uma intervenção ativa com os sujeitos pesquisados, tendo como interlocutor nesse processo a Linguagem Computacional Logo, através da Geometria da Tartaruga que, pela arquitetura matemática em que foi criada, e com sua filosofia subjacente, mostrou-se ser um ambiente educacional poderoso e instigante para a exploração de conceitos geométricos, possibilitando aos sujeitos pesquisados uma aprendizagem construtiva e significativa.

Desse modo, pode-se inferir que as palavras de Harold Abelson e Andrea diSessa (1981) expressam o significado da Geometria da Tartaruga, no contexto ensino/aprendizagem da Geometria, qual seja: "A Geometria da Tartaruga é uma Matemática arquitetada para propiciar um aprendizado por tentativas e exploração e não uma Matemática que apresenta seus Teoremas e suas Provas." (p.3) (tradução da pesquisadora).

Nessa interação, os aspectos da atividade cognitiva segundo a perspectiva microgenética, possibilitaram constatar o dinamismo microgenético das condutas cognitivas dos sujeitos pesquisados, em situações práticas, ou seja, investigou-se, neste estudo, o sujeito cognoscente em suas intenções, valores e heurísticas.

A dimensão teleonômica refere-se aos objetivos, fins, propósitos dos sujeitos ao agirem no processo de resolução de problemas, enquanto que a axiologia refere-se às avaliações, aos valores que os sujeitos atribuem às suas próprias ações, redimensionando suas estratégias, com vistas à atingir objetivos determinados. Trata-se, pois, das descrições que os sujeitos fazem ao atribuir significados, valores e intenções às suas estratégias no processo de resolução das situações-problema trabalhadas.

Fatos como os acima delineados evidenciam a potencialidade e as idéias poderosas do ambiente informatizado, mais especificamente do contexto Logo, pois este está sempre sugerindo ao sujeito aquisição de novos conhecimentos e proporcionando condições de reelaboração de suas estratégias, criação de heurísticas e, finalmente, possibilitando a construção de novas idéias. Esse paradigma se distingue como ferramenta educacional pelos seus aspectos interativos que proporcionam aos usuários a geração de novos problemas e de novas possibilidades de resolução, constituindo-se dessa maneira, em um artefato metodológico que possibilita ao professor compreender o raciocínio do aluno e, dessa maneira, obter referências necessárias para o pleno desenvolvimento de sua ação pedagógica.

Ressalta-se que essas concepções e idéias permearam todo o envolvimento desta pesquisadora nas investigações e buscas, com o desejo de ter conseguido encontrar com esta pesquisa, através de suas idéias, concepções e através de seus conhecimentos, **alguns** traços, **alguns** vestígios de **algumas** das qualidades tão brilhantemente expressas pelo grande poeta Italo Calvino — leveza, rapidez, exatidão, visibilidade, multiplicidade e consistência. Virtudes estas que norteiam não só a atividade dos que se propõem a escrever, mas acima de tudo, cada um dos gestos de nossa existência.

Espera-se, porém que, nesse momento, ao término desta pesquisa, novas incertezas, dúvidas e questionamentos surjam, impulsionando esta pesquisadora a adentrar-se em novas procuras e novas expectativas, buscando sempre um novo saber, um novo real. Decorre daí o "inacabamento" de toda pesquisa, de toda obra, de todo conhecimento.

SUGESTÕES PARA PRÓXIMAS PESQUISAS

Ao longo desta pesquisa deparou-se, em vários momentos, com temas relacionados à Educação Matemática e ao estudo a respeito da introdução e disseminação de computadores na Educação. Assim sendo, delineia-se alguns aspectos que poderão contribuir a futuras pesquisas, possibilitando aos pesquisadores, da área de Educação Matemática, adentrarem-se em uma busca e investigação sobre novos caminhos, novas abordagens metodológicas, que visem à conciliação de ambientes informatizados ao ensino.

Assim sendo, sugerem-se pesquisas relacionadas à construção do conhecimento através da Internet, envolvendo comunidades distintas. Sugerem-se ainda, outras pesquisas utilizando a Internet, que abordem conteúdos matemáticos, através de situações-problema contextualizadas ao convívio dos alunos.

Enfatiza-se ainda que, pesquisas relacionadas à formação de professores no contexto tecnológico, seriam extremamente necessárias à Educação Matemática.

Um outro estudo poderia relacionar-se com a geometria inerente à composição de tapeçarias e ladrilhos, encontrados em alguns "sites" da Internet, através do ambiente Logo, conciliando, desse modo, a ciência e a arte.

Um trabalho de pesquisa poderia constituir-se em uma investigação que enfatiza estratégias teórico-metodológicas para que alguns tópicos relacionados à Matemática trabalhada no terceiro grau pudessem ser integrados, através de situações-problema no ambiente Logo, à tópicos abordados no segundo grau, como por exemplo, noções sobre Cálculo Diferencial e Integral, conceitos relacionados à Geometria Analítica, entre outros.

Sugerem-se ainda, pesquisas que investiguem aspectos matemáticos inseridos em ambientes que integrem o Logo (Bidimensional e Tridimensional) com outros ambientes computacionais que abordam Geometria, como Cabri Geometry, TesselMania, Geometer's Sketchpad, entre outros, com o objetivo de ressaltar os aspectos convergentes e divergentes desses ambientes.

Assim sendo, ressalta-se que outras sugestões poderiam surgir, porém, torna-se importante enfatizar que as linhas de pesquisa em Educação Matemática necessitam inovações e abordagens que visem à introdução e a utilização de novas tecnologia no processo ensino/aprendizagem, contribuindo, desse modo, para uma possível adequação da Educação Matemática aos avanços tecnológicos, cada vez mais presentes na sociedade.

ANEXO I

REPRESENTAÇÃO DA TARTARUGA COM SEUS MOVIMENTOS DE GIRO E OS COSENOS DIRETORES DE SEUS EIXOS

Apresentam-se abaixo as diferentes posições que a tartaruga e os eixos ***i j k***, fixos nela, ocupam no espaço, em decorrência de ações de seus comandos de rotação.

Na Figura I.1 representa-se o sistema de eixos coordenados ***x y z***, o qual assume-se centrado na tela, e fixo nessa posição. Esse sistema de eixos será assumido como sendo o sistema referencial para a definição dos cosenos diretores dos eixos ***i j k***, fixos na tartaruga.

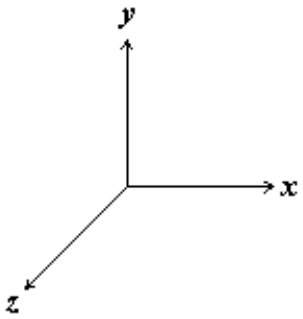


Figura I.1 - Sistema de eixos ortogonais ***x y z*** fixo no centro da tela - sistema de referência

Ressalta-se que, nas ações dos comandos **vire**, **cabeceie** e **role**, abaixo apresentadas, assume-se que no estado inicial, a partir do qual a tartaruga inicia suas ações, esta se encontra no centro do sistema de eixos ***x y z***, direcionada para cima.

Nas Figuras I.2 a I.5 estão representadas as posições que a tartaruga e os eixos ***i j k***, fixos nela, ocupam no espaço como resultado das ações do comando **vire**, para diferentes valores de seu argumento, e também os valores assumidos pelos cosenos diretores dos três eixos, em cada uma das posições ilustradas. Ressalta-se que durante as ações do comando **vire**, a tartaruga movimenta-se ao redor do eixo ***k***, o qual permanece fixo no espaço. Em decorrência desse fato, não há alteração nos cosenos diretores do eixo ***k***, ou seja, nas figuras abaixo é sempre igual a (0 0 1).

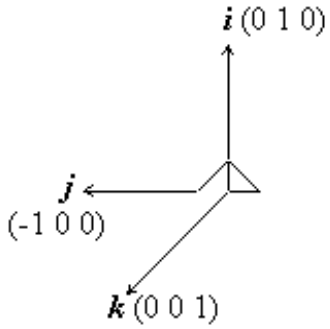


Figura I.2 - Posição no espaço e cosenos diretores dos eixos ***i j k*** (fixos na tartaruga) no estado inicial

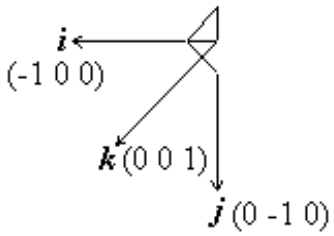


Figura I.3 - Posição no espaço e cosenos diretores dos eixos ***i j k*** (fixos na tartaruga) após ação do comando **vire 90**

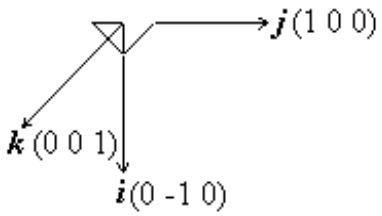


Figura I.4 - Posição no espaço e cosenos diretores dos eixos ***i j k*** (fixos na tartaruga) após ação do comando **vire 180**

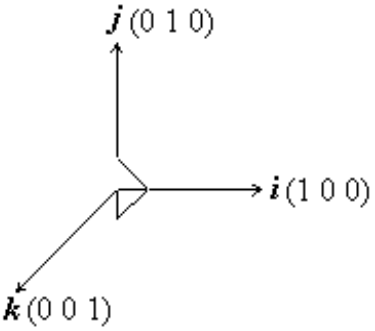


Figura I.5 - Posição no espaço e cosenos diretores dos eixos ***i j k*** (fixos na tartaruga) após ação do comando **vire 270**

Nas Figuras I.6 a I.9 estão representadas as posições que a tartaruga e os eixos ***i j k***, fixos nela, ocupam no espaço como resultado das ações do comando **cabeceie**, para diferentes valores de seu argumento, e também os valores assumidos pelos cosenos diretores dos três eixos, em cada uma das posições ilustradas. Ressalta-se que durante as ações do comando

cabeceie, a tartaruga movimenta-se ao redos do eixo ***j***, o qual permanece fixo no espaço. Em decorrência desse fato não há alteração nos cosenos diretores do eixo ***j***, é sempre igual a (-1 0 0).

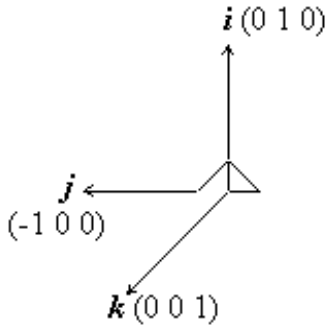


Figura I.6 - Posição no espaço e cosenos diretores dos eixos ***i j k*** (fixos na tartaruga) no estado inicial

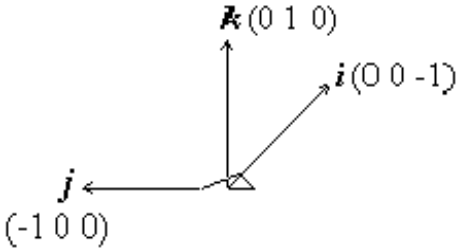


Figura I.7 - Posição no espaço e cosenos diretores dos eixos ***i j k*** (fixos na tartaruga) após ação do comando **cabeceie 90**

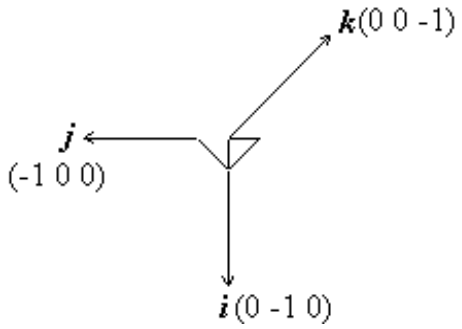


Figura I.8 - Posição no espaço e cosenos diretores dos eixos ***i j k*** (fixos na tartaruga) após ação do comando **cabeceie 180**

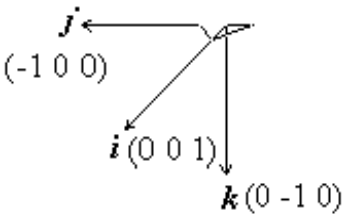


Figura I.9 - Posição no espaço e cosenos diretores dos eixos ***i j k*** (fixos na tartaruga) após ação do comando **cabeceie 270**

Nas Figuras I.10 a I.13 estão representadas as posições que a tartaruga e os eixos ***i j k***, fixos nela, ocupam no espaço como resultado das ações do comando **role**, para diferentes valores de seu argumento, bem como os valores assumidos pelos cosenos diretores dos três eixos, em cada uma das posições ilustradas. Ressalta-se que durante as ações do comando **role**, a tartaruga movimrnta-se ao redos do eixo ***i***, o qual permanece fixo no espaço. Em decorrência desse fato não há alteração no cosenos diretores do eixo cosenos *i*, ou seja, é sempre eigual a (0 1 0).

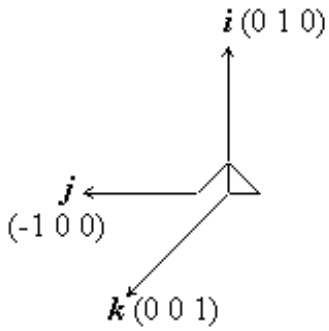


Figura I.10 - Posição no espaço e cosenos diretores dos eixos ***i j k*** (fixos na tartaruga) no estado inicial

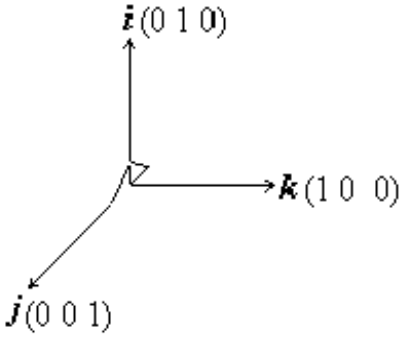


Figura I.11 - Posição no espaço e cosenos diretores dos eixos ***i j k*** (fixos na tartaruga) após ação do comando **role 90**

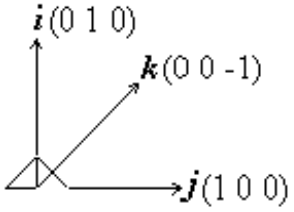


Figura I.12 - Posição no espaço e cosenos diretores dos eixos ***i j k*** (fixos na tartaruga) após ação do comando **role 180**

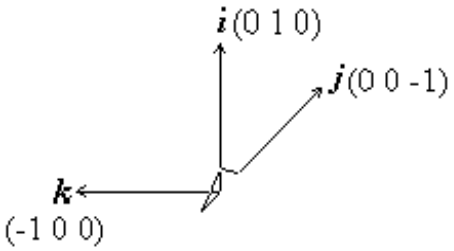


figura I.13 - Posição no espaço e cosenos diretores dos eixos ***i j k*** (fixos na tartaruga) após ação do comando **role 270**

ANEXO II

PROCEDIMENTOS COMPUTACIONAIS – DESIGN DE UM MOINHO ACIONADO A VENTO – LOGO BIDIMENSIONAL

Procedimentos P8.1 – Primeira tentativa de construção das partes fixas dos moinhos

Sujeito A:

```
ap moinho.a
pd 90
pf 50
pt 100
pf 40
pe 90
pf 30
pd 90
pf 20
pd 90
pf 30
pe 90
pf 40
pe 90
pf 150
repita 180 [pe 1 pf 1]
pf 150
pe 90
un
pc
fim
```

Sujeito B:

```
ap moinho.b
pd 90
pf 50
pe 90
pf 25
pd 90
pf 20
pd 90
pf 25
pe 90
pf 50
pe 90
pf 100
repita 180 [pf 1 pe 1]
pf 100
fim
```

Procedimentos P8.2 – Deslocamento da tartaruga desde a extremidade esquerda da base até o centro da semi-circunferência

Sujeito A

```
pf 150
ul
pf 1
pt 2
```

Sujeito B

```
un
pc
pf 100
pd 90
```

```
pf 1
pd 90
pf 1
pt 2
pf 1
pe 90
```

```
pf 57.325
ul
pf 1
pt 2
pf 1
pd 90
pf 1
pt 2
pf 1
pd 180
```

Procedimentos P8.3 – Construção das pás

```
Sujeito A

a
pd 90
a
pd 90
a
pd 90
a

ap a
pe 30
pf 80
pd 120
pf 80
pd 120
pf 80
pd 150
fim
```

```
Sujeito B

pe 30
repita 3 [pf 50 pd 120]
pe 90
repita 3 [pf 50 pd 120]
pe 90
repita 3 [pf 50 pd 120]
pe 90
repita 3 [pf 50 pd 120]
```

Procedimentos P8.4 – Pintura das pás

```
Sujeito A

ap p
pd 90
un
pf 15
mudecp 4 pinte
pt 15
pd 90
```

```
Sujeito B

pd 30
pf 10
ul
mudecp 1 pinte
un
pt 30
mudecp 11 ul pinte
```

```
pf 15
mudecp 5 pinte
pt 15
pd 90
pf 15
mudecp 6 pinte
pt 15
pd 90
pf 15
mudecp 7 pinte
pt 15
pd 90
fim
```

```
un
pf 20
pd 90
pf 10
mudecp 7 ul pinte
un
pt 30
mudecp 4 ul pinte
un
pf 70
mudecp 14 pinte
dt
```

Procedimentos P8.5 – Novo procedimento para a construção e pintura das pás – Sujeito A

```
ap pás
a4
un
pf 15
mudecp 4 pinte
pt 15
ul
pd 90
a5
un
pf 15
mudecp 5 pinte
pt 15
ul
pd 90
a6
un
pf 15
mudecp 6 pinte
pt 15
ul
pd 90
a7
un
pf 15
mudecp 7 pinte
pt 15
ul
pd 90
```

```
fim

ap a4
mudecl 4
a
fim

ap a5
mudecl 5
a
fim

ap a6
mudecl 6
a
fim

ap a7
mudecl 7
a
fim
```

Procedimentos P8.6 – Programas moinho.a e moinho.b reestruturados

Sujeito A

```
ap moinhonovo.a
corpo.a
ponto
pás.a
final
fim

ap corpo.b
pd 90
pf 50
pt 100
pf 40
pe 90
pf 30
pd 90
pf 20
pd 90
pf 30
pe 90
```

Sujeito B

```
ap moinhonovo.b
corpo.b
pas.b
fim

ap corpo.b
pd 90
pf 50
pe 90
pf 25
pd 90
pf 14.65
pd 90
pf 25
pe 90
pf 50
pe 90
pf 100
pe 0.5 repita 180 [pf 1 pe 1]
```

```
pf 40
pe 90
pf 150
pe .5 repita 180 [pf .872 pe 1]
pd .5
pf 150
pe 90
un
pc
ul
fim

ap ponto
pf 150
ul
pf 1
pt 2
pf 1
pd 90
pf 1
pt 2
pf 1
pe 90
fim

a4
un
pf 15
mudecp 4 pinte
pt 15
ul
pd 90
a5
un
pf 15
mudecp 5 pinte
pt 15
ul
pd 90
a6
un
pf 15
mudecp 6 pinte
pt 15
ul
pd 90
pd 0.5
pf 100
un
pc
pf 100
pd 90
pf 57.325
ul
pf 1
pt 2
pf 1
pd 90
pf 1
pt 2
pf 1
pd 180
fim

ap pás.b
pe 30
repita 3 [pf 50 pd 120]
pe 90
repita 3 [pf 50 pd 120]
pe 90
repita 3 [pf 50 pd 120]
pe 90
repita 3 [pf 50 pd 120]
pd 30
un
pf 10
ul
mudecp 1 pinte
un
pt 30
mudecp 11 ul pinte
un
pf 20
pd 90
pf 10
mudecp 7 ul pinte
un
pt 30
mudecp 4 ul pinte
un
pf 20
pd 180
```

```
a7                                  fim
un
pf 15
mudecp 7 pinte
pt 15
ul
pd 90
fim

ap pás.a
a4 pd 90
a5 pd 90
a6 pd 90
a7 pd 90
p
fim
```

BIBLIOGRAFIA

Abelson, A., DiSessa, A. A. (1981) *Turtle Geometry: The Computer as a Medium for Exploring Mathematics*. Cambridge, MA: The MIT Press.

Ackermann, E. (1990) *Pathways into a child'mind: helping children become epistemologists*. In: Heltine, P. Marquardt, L. (Ed) *Symposium Proceedings Science Learning in the Informal Setting*. Chicago, p.7-9.

Adamson, E. (1993) *From Polygons to Functions to Orbits to Fractals: A Year of Logo Work With a Mathematically Gifted Student*. In: http://el.www.media.mit.edu/groups/Logo-foundation/Polygons-Functions.html (05/01/98).

Albuquerque High School et al. (1996) *Albuquerque City Center Schools – Cluster Technology Plan*. Albuquerque, NM. 185p.

Allen L. (1993) *Cityscapes in Logo*. In: http://el/www.media.edu/groups/logo-foundation/Publications/Cityscapes.html (05/01/98).

Almeida, M. J. (1994) *A Mídia e a Educação.* In Anais do III Congresso Estadual Paulista sobre a Formação de Educadores, tempo da escola, tempo da sociedade. São Paulo, UNESP, p.111.

Alves, R. (1988) *Conversas com quem gosta de ensinar.* 22ª Ed. São Paulo: Cortez. (Polêmicas do nosso tempo, 1).

Angel, E. (1997) *Interative Computer Graphics*. Reading, MA: Addison Wesley.

Atkinson, R. C., Suppes, P. (1968) *Program in computer-assisted intruction*: Final report. Washington, DC. Office of Education (DGEW), apud Simonson, M. R., Thompson, A. (1997) *Educational Computing Foundations*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.

Arad, O. (1986-87, December-January) *The spreadsheet: Solving word problems*. The Computing Teacher, 14(4), 13-15, apud Maddux, C. D., Johnson, D. L., Willis, J. W. (1997) *Educational Computing: Learning with Tomorrow's Tecnologies*. 2nd Ed. Needham Heigths, MA: Allyn & Bacon.

Baranauskas, M. C. C. (1993) *Procedimento, Função, Objeto ou Lógica? Linguagens de Programação vistas pelos seus Paradigmas*. In: VALENTE, José Armando (Org.) *Computadores e conhecimento: repensando a educação.* Campinas: UNICAMP.

Baranauskas, M. C. C., Miskulin, R. G. S. (1994) "*Logo-Tridimensional como Estratégia para a Exploração da Geometria Espacial*" - In: Zetetiké, UNICAMP, Ano 2, n.2, pp.25-36 – Campinas.

Baranauskas M. C. C., Oliveira, O. L. (1994) *Estratégias para design de ambientes computacionais para modelagem*. III SBIE Simpósio Brasileiro de Informática na Educação; Pág.25-37, Porto Alegre-RS, apud Borges, E. L. (1997) *Design de um ambiente computacional de modelagem e simulação para formação de pessoal na indústria*. Campinas: Instituto de Computação da UNICAMP (Dissertação de Mestrado).

Bastos, C. L., Keller, V. (1995) *Aprendendo a Aprender*. 6ª Ed. Petrópolis, RJ: Vozes, apud Lorenzato, S., Fiorentini, D. (1998) *Iniciação à Investigação em Educação Matemática*. Campinas: Faculdade de E ducação da UNICAMP, 48p Artigo a ser publicado.

Becker, H. J. (1986, August) *Instructional uses of school computers*. Reports of the 1985 National Survey, 2, apud Simonson, M. R., Thompson, A. (1997) *Educational Computing Foundations*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.

Bennett, D. (1999) *Exploring Geometry with The Geometer's Sketchpad*. Berkeley, CA: Key Curriculum Press.

Bishop, A. J. (1983) *Space and geometry*. In: Lesh, R., Landau, M. (Eds.) *Acquisition of mathematics concepts and processes* (p.176-203). New York: Academic Press, apud Gutierrez, A. (1996) *Visualization in 3-Dimensional Geometry*: *In Search of a Framework***.** Departamento de Didáctica de la Matemática – Universidad de Valencia – Spain. PME 20th Proceedings – july – 8-12, Vol.1, p.1-19.

Bix, C., Petrillo, M. A., Morgan, T., Miller, J. (1996) *Kids do the Web*. San Jose, California: Adobe Press.

Bork, D. (1985) *Personal computers for education*. New York: Harper & Row, apud Simonson, M. R., Thompson, A. (1997) *Educational Computing Foundations*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.

Borges, E. L. (1997) *Design de um ambiente computacional de modelagem e simulação para formação de pessoal na indústria*. Campinas: Instituto de Computação da UNICAMP (Dissertação de Mestrado).

Bossuet, G. (1985) *O Computador na Escola: O Sistema Logo*. Porto Alegre: Artes Médicas.

Bovet, M., Voelin, D. (1990) *Exame e aprendizagem operatórios: é preciso escolher entre as abordagens estrutural e funcional?* In Archives de Psychologie, 58, p.197-212.

Branca, N. A. (1980) *Problem Solving as a Good Process, and Basic Skill*. In: Problem Solving in School Mathematics, USA. 1980 Yearbook, NCTM, p.3, apud Mendonça, M. C. D. (1993) *Problematização: Um caminho a ser percorrido em Educação Matemática*. Campinas: Faculdade de Educação da UNICAMP (Tese de Doutorado).

Brenelli, R. P. (1996) *O Raciocínio Abdutivo no Jogo de Regras*. Anais do IV Simpósio Internacional de Epistemologia Genética. Águas de São Pedro, SP. p.127-136.

Bridges, R. (1991, November) *Graphical spreadsheets*. Mathematics in School, 20(5), 2-5, apud Maddux, C. D., Johnson, D. L., Willis, J. W. (1997) *Educational Computing: Learning with Tomorrow's Tecnologies*. 2nd Ed. Needham Heigths, MA: Allyn & Bacon.

Brugger, W. (1962) *Dicionário de Filosofia*. 2ª Ed. Trad. Antonio Pinto de Carvalho. São Paulo: Editora Herder.

Calvino, I. (1994) *Seis Propostas para o Próximo Milênio*. 2ª Ed. Trad. Ivo Barroso. São Paulo: Companhia Das Letras (Tradução de: *Sei proposte per il prossimo millennio*).

Campbell, P. E. (1987) *Measuring distance: Children's use of number and unit.* Final report submitted to the National Institute of Mental Health Under the ADAMHA Small Grant Award Program. Grant No. MSMA I R03 MH423435-01. University of Maryland, College Park, apud Clements, D. H., Battista, M. T. (1991) *Geometry And SpatiaL Reasoning.* In: NCTM-TÓPICO-18 p.420-465.

Capra, F. (1983). *O Tao da Física.*Editora Cultrix. São Paulo.

Caraça, B. J. (1989). *Conceitos Fundamentais da matemática.* 9ª Ed. Lisboa: Livraria Sá da Costa Editora.

Carlson, M. (1996) *Childproof Internet: A Parent's Guide to Safe and Secure Online Access.* New York: MIS Press.

Carrasco, L. H. M. (1992) *Jogo versus realidade: implicações na educação matemática*. Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP (Dissertação de Mestrado em Educação Matemática).

Castelnuovo, E. (1989) *Panorama de la Enseñanza Matemática en el Tiempo y en el Espacio*. In: Educación Matemática, v.1, n.3, p.24-29.

Clements, D. H., Meredith, J, S. (1993) *A Research-Based Logo for Mathematics*. LogoExchange. Vol.12. Nº 2. p.34-42.

Clements, D. H., Battista, M. T. (1991) *Geometry And SpatiaL Reasoning*. In: NCTM-TÓPICO-18 p.420-465.

Clements, K. (1982) Visual imagery and school mathematics (2). In: For the Learning of Mathematics, 2(3), 33-38, Gutierrez, A. (1996) *Visualization in 3-Dimensional Geometry*: *In Search of a Framework***.** Departamento de Didáctica de la Matemática – Universidad de Valencia – Spain. PME 20th Proceedings – july – 8-12, Vol.1, p.1-19.

Cole, R. W. (Ed.) (1995) *Educating Everybody's Children: Diverse Teaching Strategies for Diverse Learners*. Alexandria, Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development.

Crema, R. (1993) *Além das Disciplinas: Reflexões sobre Transdisciplinaridade Geral*. In Weil et al. (1993) *Rumo à Nova Transdisciplinaridade: sistemas abertos de conhecimento*. São Paulo: Summus.

Crowley, M. L. (1987) *The Van Hiele Model of the Development of Geometric Thought*. In: *Learning and Teaching Geometry*, K-12. NCTM- National Council of Teachers of Mathematics Yearbook.

D'Ambrosio, B. S. (1993) *Formação de Professores de Matemática para o século XXI: O Grande Desafio*. In: Pro-Posições, v.4, n.1[10], p.35-41.

D'Ambrosio, B., Johnson, H., Hobbs, L. (1995) *Strategies for Increasing Achievement in Mathematics*. In: Cole, R. W. (Ed). *Educating Everybody's Children: Diverse Teaching Strategies for Diverse Learners*. Alexandria, Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development. p.121-138.

D'Ambrosio, U. (1997) *Transdisciplinaridade*. São Paulo: Editora Palas Athenas.

D'Ambrósio, U. (1994a).*Comportamento e Conhecimento*. Brasília: Universidade de Brasília - Faculdade de Educação (Apostila 4p).

D'Ambrósio, U. (1994b). *As Novas Possibilidades Oferecidas pela Informática"*. In: *Ciências, Informática e Sociedade - Uma Coletânea de Textos*. Brasília: Universidade de Brasília - Faculdade de Educação. p.25-28.

D'Ambrosio, U. (1993) *Educação Matemática: Uma Visão da Arte.* In: Pro-Posições, v.4, n.1[10], p.7-17.

D'Ambrosio, U. (1991) *Matemática, Ensino e Educação: Uma Proposta Global.* In: Temas e Debates, SBEM, Ano IV, n.3, p.1-16.

D'Ambrosio, U. (1990) *Etnomatemática: Arte ou Técnica de Explicar ou Conhecer*. São Paulo: Editora Ática.

Dante, L. R. (1988) *Criatividade e resolução de problemas na prática educativa matemática.* Rio Claro: UNESP (Tese de Livre Docência).

Davis, P. J. e Hersh, R. (1989). *A Experiência Matemática.* 4ª Ed. Rio de Janeiro: F. Alves.

Demo, P. (1990) *Pesquisa: princípio científico e educativo.* São Paulo: Cortez.

Denis, M. (1989) *Image at Cognition*. Paris: PUF (Presse Universitaire Française), apud Pais, L. C. (1994) *A Representação dos Corpos Redondos no Ensino da Geometria*. Zetetiké, Campinas, Ano 2, nº 2, p.13-23.

Dimenstein, G. (1998) *Emprego Global.* In: http://www.aprendiz.com.br/colunas/gilberto, (19/01/98).

Dimenstain, G. (1997) *Aprendiz do Futuro: Cidadania hoje e amanhã*. São Paulo: Editora Ática

Dimenstain, G. (1996) *A Classe Operária vai à Internet.* São Paulo: Folha de São Paulo, 26 de maio de 1996.

De Jong, T. (1991) *Learning and Instruction with computer simulation*. Education e computing, 6, p.217-229, apud Borges, E. L. (1997) *Design de um ambiente computacional de modelagem e simulação para formação de pessoal na indústria*. Campinas: Instituto de Computação da UNICAMP (Dissertação de Mestrado).

Dede, C. (1986) *Empowering environments, hypermedia and microworlds*. The Computing Teacher, 14(3), 329-353, apud Simonson, M. R., Thompson, A. (1997) *Educational Computing Foundations*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.

Devlin, K. (1997) *Mathematics: The Science of Patterns*. New York: Scientific American Library.

Dreyfus, T. (1995) *Imagery for Diagrams*. In: Sutheralnd, R., Mason, J. (Eds.) *Exploting Mental Imagery with Computer in Math Ed*. (NATO Asi series F, 138). Berlin, Germany: Spinger Verlag. p.3-19, apud Gutierrez, A. (1996) *Visualization in 3-Dimensional Geometry*: *In Search of a Framework***.** Departamento de Didáctica de la Matemática – Universidad de Valencia – Spain. PME 20th Proceedings – july – 8-12, Vol.1, p.1-19.

Dreyfus, T. (1991) *On the Status of Visual Reasoning in Math and Math Ed*. In: Furinghetti, F. (Ed.) Proccedings of the 15th PME Conference. Genova, Italy: Univ. de Genova. Vol. 1, p.33-48, apud Gutierrez, A. (1996) *Visualization in 3-Dimensional Geometry*: *In Search of a Framework***.** Departamento de Didáctica de la Matemática – Universidad de Valencia – Spain. PME 20th Proceedings – july – 8-12, Vol.1, p.1-19.

Druin, A., Solomon, C. (1996) *Designing Multimedia Environments for Children*. New York: John Wiley & Sons.

Dubitsky, B. (1988, November) *Making division meaningful with a spreadsheet*. Aritmetic Teacher, 36(3), 18-21, apud Maddux, C. D., Johnson, D. L., Willis, J. W. (1997) *Educational Computing: Learning with Tomorrow's Tecnologies*. 2nd Ed. Needham Heigths, MA: Allyn & Bacon.

Eco, U., Sebeok, T. (1988) *The Sign of Three*. Indianapolis, Indiana: Indiana University Press.

Edwards, L. D. (1992) *A Logo Microworlds for Transformation Geometry*. In: Hoyles, C., Noss, R. (Ed.). *Learning Mathematics and Logo*. Cambridge, MA: MIT Press. p.127-155.

Ellsworth, J. H. (1994) *Education on the Internet: A Hands-on Book of Ideas, Resources, Projects and Advice*. Indianapolis: Sams Publishing.

Embratel (1998) *Internet Netiqueta*. In: http://www.embratel.net.br/internet/netiqueta.html) (22/12/1998)

Encyclopaedia Britannica (1971) Chicago: Willian Benton, Publisher.

Ernest, P. (1991) *Mathematics Teaching: The State of the Art*. New York: The Falmer Press.

Eves, H. W. (1976) *An Introduction to the History of Mathematics*. 4th Ed. New York: Holt Rinehart and Winston.

Fernandes, C. R. (1998) *Colorir é preciso. Mas com que cores?* Design Gráfico, São Paulo, Ano 3, n.15, p.52-53.

Ferreira, A. B. H. (1995). *Novo Dicionário Básico da Língua Portuguesa*. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira

Fischbein, E. (1993) *The theory of Figural Concepts*. In: Educacional Studies in Mathematics, 24/2, 139-162.

Folha de São Paulo (1996) *Nova Enciclopédia Ilustrada Folha*. São Paulo: Empresa Folha.

Forcier, R. C. (1996) *The Computer as a Productivity Tool in Education*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.

Freire, P. (1987) *Pedagogia do Oprimido.* 17ª Ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, (O mundo, hoje, 21).

Freire, P. (1984) *Educação como Prática da Liberdade.* 15ª Ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra.

Freitag, B. (1980) *Escola, Estado e sociedade*. 4ª Ed. São Paulo: Moraes.

Gadotti, M. (1989) *Convite à Leitura de Paulo Freire*. São Paulo: Scipione.

Gardner, H. (1995) *A Nova Ciência da Mente*. São Paulo: Edusp.

Gargarian, G. (1993) *The Art Design: Expressive Intelligence in Music*. Cambridge, MA: MIT's Media Laboratory (PhD Thesis).

Gatti, B. (1992) *Informação e Tecnologia*. In: Serbino, R. V., Bernardo, M. V. C. (Org.) *Educadores para o Século XXI: Uma Visão Multidisciplinar*. São Paulo: UNESP. p.155-158.

Gerdes, P. (1991a) *Etnomatemática: Cultura, Matemática, Educação.* Maputo, Moçambique: Instituto Superior Pedagógico.

Gerdes, P. (1991b) *Cultura e o despertar do pensamento geométrico*. Maputo, Moçambique: Instituto Superior Pedagógico.

Gerdes, P. (1986) *Sobre o despertar do pensamento geométrico.* Dresden (RDA): Instituto Superior Pedagógico Karl Friedrich Wander (Tese de Doutorado em Filosofia).

Giagnocavo, G. (Ed.) (1996) *Educator's Internet Companion*. Wentworth, Lancaster, PA: Worldwide Media Inc.

Gillèrion, C. (1979) *Da Epistemologia Piagetiana a uma Psicologia em Idade Pré-Escolar.* In: L.B. Leite, *Piaget e a Escola de Genebra*, 1987. São Paulo: Cortez.

Giroux, H. (1988) A e*scola crítica e política cultural* 2ª Ed. São Paulo: Cortez, (Polêmicas do nosso tempo, 20).

Gleiser, M. (1998) *Beleza = simetria + ordem*. Folha de São Paulo, São Paulo, 01 jan. 5º Cad. p.14.

Gonzales, W. E., Formaggio, A. R. (1994). *A criação, Obra de Deus.* In: O Estado de São Paulo, 18/10/94, p. 2.

Gooden, A. R. (1996) *Computers in the Classroom: How Teachers and Students Are using Technology to Transform Learning*. San Francisco: Jossey-Bass and Apple Press Publication.

Goodfellow, T. (1990) *Spreadsheets: Powerfull tools in science education*. School Science Review, 71(257), 47-57, apud Jonassen, D. H. (1996) *Computers in the Classroom: Mindtools for Critical Thinking*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.

Gravina, M. A. (1996) *Geometria Dinâmica: Uma Abordagem para o Aprendizado da Geometria*. In: VII Simpósio Brasileiro da Informática na Educação, Porto Alegre. Anais … Porto Alegre: [s.n.].

Grize, J. B. (1990) *Mais au fond, qu'est-ce que raisonner?* Archives de Psychologie, Vol. 58, n° 225: 115-122. Genève: Editions Médicine et Hygiène, apud Brenelli 1996, p.130.

Gurtner, J. L., Retschitzki, J. (1991) *Logo et Apprentissages*. Lausanne: Delachaux et Niestlé.

Gutierrez, A. (1998) *Las Representaciones Planas de Cuerpos 3-Dimensionales en la Enseñanza de la Geometria Espacial*. Revista EMA, Vol. 3, Nº 3, 193-220.

Gutierrez, A. (1996) *Visualization in 3-Dimensional Geometry*: *In Search of a Framework***.** Departamento de Didáctica de la Matemática – Universidad de Valencia – Spain. PME 20th Proceedings – july – 8-12, Vol.1, p.1-19.

Haln's, H. (1999) *Internet Web & Yellow Pages*. 7th Ed. Berkeley, CA: Osborne/McGrw-Hill.

Hambridge, S. (1995) *RFC1855: Netiquette Guidelines*. In: http://www.faqs.org/rfcs/, (22/12/1998).

Harris, C. (1996) *An Internet Education*. Belmont, California: Wadsworth Publishing Company.

Harvey, B. (1997) *Computer Science Logo Style. Volume 1: Symbolic Computing*. 2nd Ed. Cambridge, MA: MIT Press.

Harvey, B. (1985) *Computer Science Logo Style.* (3 vols) Cambridge, MA: MIT Press, apud Hoyles, C. (1993) *Current Development in Research – Bob – a Suitable Case for Treatment?* In: Nissen G. Blomhoj, M. (Ed.). *Criteria for Scientific Quality and Relevance in the Didactics of Mathematics*. Roskilde, Denmark: Danish Research Council for Humanities. p.89-117.

Hayes, C. (1980) *Guia Completo de Pintura y Dibujo*. Madrid: H. Blume Ediciones.

Healy, J. M. (1998) *Failure to Connect: How Computers Affect Our Children's – for Better and Worse*. New York: Simon & Schuster.

Hebenstreit, J. (1991) *Simulation as on Education tool*. Proceedings of international conference on technology and education, Toronto, Canadá, apud Borges, E. L. (1997) *Design de um ambiente computacional de modelagem e simulação para formação de pessoal na indústria*. Campinas: Instituto de Computação da UNICAMP (Dissertação de Mestrado).

House, P. A., Coxford, A. F. (Ed.) (1995) *Connecting Mathematics Across the Curriculum*. Reston, Virginia: National Council of Teachers of Mathematics.

Hoyles, C. (1993) *Current Development in Research – Bob – a Suitable Case for Treatment?* In: Nissen G. Blomhoj, M. (Ed.). *Criteria for Scientific Quality and Relevance in the Didactics of Mathematics*. Roskilde, Denmark: Danish Research Council for Humanities. p.89-117.

Hoyles, C., Noss, R. (Ed.) (1992) *Learning Mathematics and Logo*. Cambridge, MA: MIT Press.

Imenes, L. M., Lellis, M. (1997) *Matemática Oitava Série*. São Paulo: Editora Scipione Ltda.

Inhelder, B. (1987) Prefácio. In: Piaget, J., Garcia, R., *Psicogénese e História das Ciências*. Lisboa: Dom Quixote.

Inhelder, B., Caprona, D. (1992) Vers *le Constructivisme Psychologique: Structures? Procédures? Les deux indissociables*. In: INHELDER, B., CELLÉRIER, G., et al. *Le cheminement des découvertes de lénfant. Recherche sur les microgeneses cognitives.* Paris: Delachaux et Nietlé.

Inhelder, B., Cellérier, G. (1996) *O Desenrolar das Descobertas da Criança: Um Estudo sobe as Microgêneses Cognitivas*. Trad. Eunice Gruman. Porto Alegre: Artes Médicas (Tradução de: *Le Cheminement des Découvertes de l'Enfant: Recherche sur les Microgenèses Cognitives*).

Inhelder, B., Cellérier, G., et al. (1992) *Le Cheminement des découvertes de l'enfant. Recherche sur les microgenèses cognitives*. Paris: Delachaux et Niestlé.

Jakubo, J., Lellis, M. (1994) *Matemática na Medida Certa – 7ª Série*. São Paulo: Editora Scipione Ltda.

Jonassen, D. H. (1996) *Computers in the Classroom: Mindtools for Critical Thinking*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.

Kari, R. (1990) *Spreadsheets in advanced physical chemistry*. Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, 10(1), 39-48, apud Jonassen, D. H. (1996) *Computers in the Classroom: Mindtools for Critical Thinking*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.

Kafai, Y. B. (1995) *Minds in Play: Computer Game Design as a Context for Children's Learning*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Kafai, Y., Resnick, M. (Editors) (1996) *Constructionism in Practice: Designing, Thinking and Learning in Digital World*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Kaput, J. (1992) *Technology and Mathematics Education*. In: Grows D. (Ed). *Handbook of Research on Mathematicas Teaching and Learning*.

Kehoe, B. P., Mixon, V. (1997) *Children and the Internet: A Zen Guide for Parents and Educator*. Upper Sadle River, New Jersey: Prentice Hall PTR.

Kenney, M. J., Bezuska, S. J. (1987) *Tessellations using Logo*. Palo Alto, California: Dale Seymour Publications

Kern Wind Energy Association (1998) *Butterflies in the West Mohave Desert: Wind Farms (Power Plants) in Tehachapi*. In http://www.presscom.com/windfarms.shtml (29/03/1998).

Kilpatrick, J. (1992) *A History of Research In Mathematics Education*. Washington: National Council of Teachers of Mathematics, p.3-38.

Kilpatrick, J., Nesher, P. (Ed.) (1990) *Mathematics and Cognition: A research Synthesis by the International Group for the Psychology of Mathematics Education*. Cambridge: Cambridge University Press.

Kuhn, T. S. (1990) *A Estrutura das Revoluções Científicas. 3.ed.* São Paulo: Perspectiva.

Kull, J. A. (1986) *Learning and Logo.* In P.F. Camphell & G.G. Fein (Eds.) *Young children and microcomputers*. (p.103-130). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, apud Clements, D. H., Battista, M. T. (1991) *Geometry And SpatiaL Reasoning.* In: NCTM-TÓPICO-18 p.420-465.

Krol, E., Ferguson, P. (1995) *The Whole Internet For Windows 95: Users Guide & Catalog*. Sebastopol, California: O'Reilly & Associates Inc

Lai, K. W. (Ed.) (1996) *Words have Wings: Teaching and Learning with Computer Networks*. Dunedin, New Zealand: University of Otago Press.

Lakatos, I. (1978) *A Lógica do Descobrimento Matemático: Provas e Refutações*. Rio de Janeiro: Zahar.

Lévy, P. (1995) *As Tecnologias da Inteligência: O futuro do Pensamento na Era da Informática*. Trad. Carlos Irineu Costa. Rio de Janeiro: Editora 34.

Loethe, H. (1992) *Conceptually Defined Turtles*. In: Hoyles, C., Noss, R. (Ed.) (1992) *Learning Mathematics and Logo*. Cambridge, MA: MIT Press.

Logo Foundation (1997) *What is Logo.* In: (http://el.www.media.mit.edu/groups/logo-foundation/Logo/Logo.html) (16/12/1997).

Lorenzato, S. (1976) *Subsídios metodológicos para o ensino da matemática: área de fuguras planas*. Campinas: Faculdade de Educação da UNICAMP (Tese de Doutorado em Educação).

Lorenzato, S., Fiorentini, D. (1998) *Iniciação à Investigação em Educação Matemática*. Campinas: Faculdade de E ducação da UNICAMP, 48p Artigo a ser publicado.

Los Alamos National Laboratory (1992) *Los Alamos National Laboratory Education & Special Employment Programs*. Los Alamos, NM, USA.

Lowe, D. (1996) *At Home with Microsoft Works*. Foster City, California: IDG Books Worldwide.

Lucena, M. (1997) *Um Modelo de Escola Aberta na Internet: Kidlink no Brasil*. Rio de Janeiro: Brasport Livros e Multimídia Ltda.

Lüdke, M., André, M. E. D. A. (1986) *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas.* São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária.

Luehrmann, A. (1984) *The best way to teach computer literacy*. Eletronic Learning, 3 (3), 37-42, 44, apud Simonson, M. R., Thompson, A. (1997) *Educational Computing Foundations*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.

Maddux, C. D., Johnson, D. L., Willis, J. W. (1997) *Educational Computing: Learning with Tomorrow's Tecnologies*. 2nd Ed. Needham Heigths, MA: Allyn & Bacon.

Magnani, M. R. M. (1992) *Qualidade de Ensino e Formação do Professor.* In: Serbino, R. V., Bernardo, M. V. C. (Org.) *Educadores para o Século XXI: Uma Visão Multidisciplinar*. São Paulo: UNESP. p.159-168.

Mandelbrot, B. B. (1983) *The Fractal Geometry of Nature*. New York: W. H. Freeman and Company.

Mandell, C., Mandell, S. L. (1989) *Computers In Education Today*. St. Paul, MN: West Publishing Company.

Mantoan, M. T. E. (1996) *Por uma Educação que Caminha para o Futuro – Breve Ensaio Sobre Perspectivas e Redimensionamentos da Escola e do Papel do Professor*. In: Valente, J. A. (Org.) (1996) *O professor no Ambiente Logo: Formação e Atuação*. Campinas: UNICAMP. p.122-133.

Mantoan, M. T. E. (1992) *A solicitação do meio escolar e o desenvolvimento das estruturas da inteligência no deficiente mental: uma interpretação fundamentada na teoria do conhecimento de Jean Piaget.* Campinas: Faculdade de Educação da UNICAMP (Tese de Doutorado em Educação).

Marmo, C. (1958) *Curso de Perspectiva*. São Paulo (Apostila).

Martin, F., Harvey, B., Wexelblat, P. et al. (1997) *Frequently Asked Questions*. (ftp://cher.media.mit.edu/pub/logo/FAQ) (21/04/1997).

Martins, M. C. (1994) *Investigando a Atividade Composicional: Levando dados para um Ambiente Computacional de Experimentação Musical.* Campinas: Faculdade de Educação da UINICAMP (Dissertação de Mestrado).

Matos, J. F. (1991) *Logo na Educação Matemática: Um Estudo Sobre as Concepções e Atitudes dos Alunos.* Tese de Doutorado, Departamento de Educação da Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa.

Mendonça, M. C. D. (1993) *Problematização: Um caminho a ser percorrido em Educação Matemática*. Campinas: Faculdade de Educação da UNICAMP (Tese de Doutorado).

Mihich, O. (1993) *African Textiles or The Weaving Turtle*. In: http://el.www.mwdia.mit.edu/groups/logo-foundation/Publications/African.Textiles.html (05/01/98).

Miguel, A. (1993) *Três estudos sobre história e educação matemática.* Campinas: Faculdade de Educação da UNICAMP. (Tese de Doutorado em Educação).

Minsky, M. (1989) *A Sociedade da Mente.* Rio de Janeiro: Francisco Alves.

Miskulin, R. G. S. (1994a) *Concepcções Teórico-Metodológicas Baseadas em Logo e em Resolução de Problemas para o Processo Ensino/Aprendizagem da Geometria.* Campinas: Faculdade de Educação da UNICAMP (Tese de Mestrado em Educação).

Miskulin, R. G. S. (1994b) *Dinamismo Microgenético das Condutas Cognitivas no Processo de Construção de Noções Geométricas em Ambientes Informatizados*. In: II Congresso Ibero-americano de Informática na Educação. Lisboa, Anais. P.373-390.

Miskulin, R. G. S. (1993) *Tridimensional Logo: Art or/and Geometry?* In: The Tenth International Conference on Tecnology and Education, Cambridge - USA, Proceedings, p.1016-1018.

Miskulin, R. G. S. (1989) *A Geometria Encontrada Na Natureza Estudada Através Da Geometria Da Tartaruga.* In: IV Congresso Internacional Logo, março, Santiago do Chile, Resumos dos trabalhos apresentados, p.121-124.

Miskulin, R. G. S., Martins, M. C., Mantoan, M. T. (1996) Análise Microgenética dos Processos Cognitivos em Contextos Múltiplos de Resolução de Problemas. Campinas: NIED/UNICAMP (Memo nº 31, 43p.).

Miskulin, R. G. S., Baranauskas, M. C. C. (1991) *Logo tridimensional como estratégia para a exploração da geometria espacial.* In: II Encontro Paulista de Educação Matemática. São Paulo, Anais, p.150-151.

Moniz dos Santos, M. E. V. (1991) *Mudança Conceptual na Sala de Aula: Um Desafio Pedagógico.* Lisboa: Livros Horizontes.

Mora, J. F. (1974/1982) *Dicionário de Filosofia*. Lisboa: Publicações Dom Quixote, apud Brenelli, R. P. (1996) *O Raciocínio Abdutivo no Jogo de Regras*. Anais do IV Simpósio Internacional de Epistemologia Genética. Águas de São Pedro, SP. p.127-136.

Moreno, M., Sastre, G. (1987) *Aprendizaje y Desarrollo Intelectual: Bases para una teoria de la generalización*. Barcelona: Gedisa S.A.

Morin, E. (1991) *Introdução ao Pensamento Complexo*. Trad. Dulce Matos. Lisboa: Instituto Piaget (Tradução de: Introduction à la pensée complexe).

Morin, E. (1986) *O Método: O conhecimento do Conhecimento*. Vol.3 Publicações Europa-América.

Muller, J. (1995) *The Turtle's Dicovery Book: Exploring Logo On and Off the Computer*. Richardson, TX: Young People's Logo Association.

Nascimento Neto, A. (1996) *A Roda Global: O que é a globalização, que tanto provoca medo, e o que se pode esperar dela*. São Paulo: Revista Veja, Economia & Negácios, 3 de abril, p.80-89.

National Council of Teachers of Mathematics (1994) *Normas para o Currículo e a Avaliação em Matemática Escolar*. 2ª Ed. Lisboa. Associação de Professores de Matemática e Instituto de Inovação Educacional.

Neuwirth, E. (1997) *Logo at the movies or GIF animation the easy way*. In: http://www.eurologo.org/papers/logomov.html. (30/12/97).

Newby, T. J., Stepich, D. A., Lehman, J. D., Russell, J. D. (1996) *Instructional Technology for Teaching and Learning: Designing Instruction Integrating Computers and Using Media*. Englewood Cliffs, New Jersey: Merril - Prentice Hall.

Nissen, G., Blomhoj, M. (Ed.) (1993) *Criteria for Scientific Quality and Relevance in the Didactics od Mathematics*. Roskilde, Denmark: Roskilde University.

Norman D. A. (1993) *Things That Make Us Smart: Defending Human Attributes in the Age of the Machine.* Reading, MA: Perseus Books.

Norton, P. (1994) *Integrating Technology in Schools: a cohort process for graduate level inquiry*. Journal of Information Technology for Teacher Education, Vol. 3, No. 2, p.163-174.

Noss, R. (1986) *Constructing a Conceptual Framework for Elementary Algebra Through Logo Programming.* In: Educational Studies in Mathematics. p.335-357.

Noss, R., Hoyles, C. (1996) *Windows on Mathematical Meanings: Learning Cultures and Computers*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Oakman, R. L. (1997) *The Computer Triangle: Hardware, Software, People*. 2nd Ed. New York: John Wiley & Sons.

Oldroyd, D. (1986) *An introductory study of the history of the philosophy and methodology of science*. New York, London: Methuen.

Oliveira, L. T. (1998) *Habilidades Espaciais Subjascentes às Atividades de Discriminação e Composição de Figuras Planas Utilizando o Tangram e o Tegram*. Campinas: Faculdade de Educação da UNICAMP (Dissertação de Mestrado).

Ortega, M. C. (1995) *Software Database*. Albuquerque: UNM (Trabalho do curso CIMTE 391).

Pais, L. C. (1994) *A Representação dos Corpos Redondos no Ensino da Geometria*. Zetetiké, Campinas, Ano 2, nº 2, p.13-23.

Pagano, R. (1992) *Computer Simulation as on education tool*. Phd. Thesis. Université Catholique de Louvain, Belgiun, apud Borges, E. L. (1997) *Design de um ambiente computacional de modelagem e simulação para formação de pessoal na indústria*. Campinas: Instituto de Computação da UNICAMP (Dissertação de Mestrado).

Paiva, M. A. V., Silva, C. M. S. et al. (1996) *CABRI: Descobrindo a Geometria no Computador*. Vitória: UFES.

Papert, S. (1996) *The Connected Family: Bringing the Digital Generation Gap*. Atlanta, Georgia: Longstreet Press.

Papert, S. (1994a) *A Máquina das Crianças: Repensando a Escola na Era da Informática*. Trad. Sandra Costa. Porto Alegre: Artes Médicas (Tradução de *The Children's Machine: Rethinking School in the Age of the Computer*).

Papert, S. (1994b) *Making Sense of the Computer's Place in the Learning Environment: A Historical Evolutionary Perspective* (Abstract). In: II Congresso Ibero-americano de Informática na Educação, Lisboa. Actas. Vol.1 p.3.

Papert, S. (1993) *The Children's Machine: Rethinking School in the Age of the Computer*. New York: Basic Books.

Papert, S. (1985) *Logo: Computadores e Educação*. Trad. J. A. Valente, B. Bitelman, A. V. Ripper. São Paulo: Brasilience (Tradução de: Mindstorms – Children, Computers and Powerful Ideas).

Papert, S. (1980) *Mindstorms – Children, Computers and Powerful Ideas*. New York: Basic Books, apud Simonson, M. R., Thompson, A. (1997) *Educational Computing Foundations*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.

Pappas, T. (1996) *More Joy of Mathematics: Exploring Mathematics All Around You.* 7th Ed. San Carlos, CA: Wide World Publising/Tetra.

Pappas, T. (1994) *The Magic of Mathematics: Discovering the Spell of Mathematics*. Carlos, CA: Wide World Publising/Tetra

Parker, J., Widmer, C. C. (1991, September) *Teaching mathematics with technology*. Arithmetic Teacher, p.38-41, apud Jonassen, D. H. (1996) *Computers in the Classroom: Mindtools for Critical Thinking*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.

Peirce, C. S. (1977) *Semiótica*. São Paulo: Perspectiva. (Coleção Estudos n.46), apud D'Ambrosio, U. (1990) *Etnomatemática: Arte ou Técnica de Explicar ou Conhecer.* São Paulo: Editora Ática.

Pelly, J. A. (1999) *Internet Kids & Family Yellow Pages.* 3rd Ed. Nerkeley, CA: Osborne/McGraw-Hill

Piaget, J. (1996) *As Formas Elementares da Dialética.* São Paulo: Casa do Psicólogo.

Piaget, J. (1984) *Para Onde Vai a Educação. 8.ed.* Rio de Janeiro: José Olympio.

Piaget, J. (1983) *Comentários finais.* In Palmarini, M. P. (Org.) *Teorias da linguagem, teorias da aprendizagem: o debate entre Jean Piaget e Noam Chomsky.* São Paulo: Cultrix, USP.

Piaget, J. (1983) *A epistemalogia genética / Sabedoria e ilusões da filosofia; Problemas de psicologia genética 2.ed*. São Paulo: Abril Cultural, (Os pensadores).

Piaget, J. (1978) *A Representação do Mundo da Criança.* Porto Alegre: Artes Médicas.

Piaget, J. (1977) *Recherches sur l'abstraction réfléchissante. 2) l'abstraction de l'ordre les relations spatiales. Études d'épistemologie génétique*. Paris: PUF, v.35. t.2.

Piaget, J. (1975) *El mecanismo del desarrolo mental.* Trad. A. del Zal. Madrid: Ed. Nacional.

Piaget, J. (1972a) *The Epystemology of Interdisciplinary Relationships*. In: Apostel, L. et al. (Org.). *Interdisciplinary – problems of teaching and research in universities*. Nice: OCDE – Centre for Educational Research and Innovation.

Piaget, J. (1972b) *Où va l'éducation*. Paris: Denoel/Gonthier apud Mantoan, M. T. E. (1996) *Por uma Educação que Caminha para o Futuro – Breve Ensaio Sobre Perspectivas e Redimensionamentos da Escola e do Papel do Professor*. In: Valente, J. A. (Org.) (1996) *O professor no Ambiente Logo: Formação e Atuação*. Campinas: UNICAMP. p.122 – 133.

Piaget, J. (1967/1977) *Psicologia da Inteligência*. Tradução Nathanael C. Caixeiro. Rio de Janeiro: Zahar Editores, apud Brenelli (1996)…..

Piaget, J., Garcia, R. (1987) *Psicogénese e História das Ciências.* Lisboa: Dom Quixote, (Ciência Nova, 6).

Piaget, J. et al. (1986) *O possível e o necessário: evolução dos necessários na criança.* Porto Alegre: Artes Médicas.

Piaget, J. et al. (1978) *Fazer e Compreender.* São Paulo: Melhoramentos e USP.

Piaget, J., Inhelder, B. (1993) *A Representação do Espaço na Criança*. Trad. Bernardina Machado de Albuquerque. Porto Alegre: Artes Médicas (Tradução de *La Represéntation de l'Espace chez l'Enfant*).

Piaget, J., Inhelder, B. (1975) *A Gênese das Estruturas Lógicas Elementares*. Rio de Janeiro: Zahar.

Place R., Klaus Dimmler, K., Powell, T. (1996) *Educator's Internet Yellow Pages.* Upper Saddle, New Jersey: Prentice Hall – PTR.

Pogge, A., Lunetta, V. (1987) *Spreadsheets answer "what if …*". Science Teacher, 54(8), 46-49, apud Maddux, C. D., Johnson, D. L., Willis, J. W. (1997) *Educational Computing: Learning with Tomorrow's Tecnologies*. 2nd Ed. Needham Heigths, MA: Allyn & Bacon.

Pohl, V. (1994) *Visualizando o espaço tridimensional oela consrtrução de poliedros*. In: Lindquist, M. M., Shulte, A. P. (Orgs.) *Aprendendo e Ensinando Geometria*. Trad. Hygino H. Domingues. São Paulo: Atual Editora.

Poincarè, H. (1988) *A Ciência e a Hipótese.* 2ª Ed. Brasilia: Ed. UnB.

Polya, G. (1978) *A Arte de Resolver Problemas*. Rio de Janeiro: Interciência.

Polya, G. (1967) *Mathematical Discovery: On understanding, learning, and teaching problem solving.* New York: John Wiley.

Ponte, J. P., Rodrigues, D., Machado, A. (Ed.) (1994) *Nota dos Editores*. In: II Congresso Ibero-americano de Informática na Educação, Lisboa. Actas. Vol.1 p.vi.

Ponte, J. P. (1988) *A Situação Atual e o Passado Recente do Ensino da Matemática.* Lisboa.

Popper, K. R. (1978) *A lógica das Ciências Sociais*. Rio de Janeiro: Tempo Universitário.

Portefield, Chickering (1997) *Palm Spring Wind Energy*. In: http://www.palmspring.com/services/wind.html (29/03/1998).

Porter, L. R. (1997) *Creating the Virtual Classroom: Distance Learning with the Internet*. New York: John Wiley & Sons.

Presmeg, N. C. (1986) Visualization in high school mathematics. In: For the Learning of Mathematics, 6 (3), 42-46, apud Gutierrez, A. (1996) *Visualization in 3-Dimensional Geometry*: *In Search of a Framework***.** Departamento de Didáctica de la Matemática – Universidad de Valencia – Spain. PME 20th Proceedings – july – 8-12, Vol.1, p.1-19.

Prigogine, I. (1995) *O que eu não sei - Seis ganhadores do Prêmio Nobel contam sua relação com a falta de conhecimento*. Folha de São Paulo, 23/03/95, C-6, p.16-17.

Raskin, R., Christian, K. (1995) *Your Child's Education: Total Planning on Your Computer*. Emeryville, California: Ziff-Davis Press.

Raskin R., Keizer, G. (1996) *The Family PC Guide to HomeWork*. New York: FamilyPC Books.

Reggini, H. C. (1988) *Computadoras: Creatividad o Automatismo?* Buenos Aires: Ediciones Galápago.

Reggini, H. C. (1986) *Alas para la mente – Logo : Un lenguaje de computadoras y un estilo de pensar*. 5ª Ed. Buenos Aires: Ediciones Galápago.

Reggini, H. C. (1985) *Ideas y Formas: Explorando el espacio com Logo*. Buenos Aires: Ediciones Galápago.

Resnick, M. (1997) *Turtles, Termites, and Traffic Jams – Explorations in Massively Parallel Microworlds*. Cambridge, MA: MIT Press.

Resnick, M. (1991) *LEGO/Logo: Learning through and about design*.In: Harel, I., Papert, S. (Eds.) *Constructionism*. Norwood, NJ: Ablex Publishing.

Resnick, M. (1988) *Mathematics from the structural point of view*. In: Revue Internationale de Philosophie, v.42, n.167, 4, p.400-424.

Retschitzki, J., Gurtner, J. L. (1996) *L'Enfant et L'Ordinateur: Aspects Psychologiques et Pédagogiques des Neulelles Techonologies de L'Information*. Sprimont: Mardaga.

Roblyers, M. D., Edwards, J., Havriluk, M. A. (1997) *Integrating Educational Technology into Teaching*. Upper Saddle River, New Jersey: Merril – Prentice Hall.

Rowland, R., Kinnaman, D. (1995) *Researching on the Internet*. Rocklin, California: Prima Publishing.

Ryder, R. J., Hugles, T. (1996) *Internet for Educators*. Upper Saddle River, New Jersey: Merril - Prentice Hall.

Sanders, C. (1994) *Perspective Drawing with The Geometer's Sketchpad*. Berkeley, CA: Key Curriculum Press.

Santolaya, P. M. (1994) *Tecnologias de la Information en Educacion: la experiencia europea*. In: II Congresso Ibero-americano de Informática na Educação, Lisboa. Actas. Vol.1, p.5-7.

São Paulo (1989) *Proposta curricular para o ensino de matemática; 2º grau.* 2ª Ed. São Paulo:SE/CENP.

São Paulo (1988) *Proposta cirricular para o ensino de matemática; 1º grau.* 3ª Ed. São Paulo: SE/CENP.

Schank, R. C., Cleary, C. (1995) *Engines for Education*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erbaum Associates, Publishers.

Schauble, L., Glaser, R. (Editors) (1996) *Innovations in Learning: New Environments for Education*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

Schoenfeld, A. H. (1986) *On having and using geometric knowledge*. In J. Hiebert (Ed.), Conceptual and procedural knowledge: The case of mathematics. (p.225-264). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum apud Clements, D. H., Battista, M. T. (1991) *Geometry And SpatiaL Reasoning.* In: NCTM-TÓPICO-18 p.420-465.

Schoenfeld, A. H. (1985) *Mathematical Problem Solving*. New York: Academic Press.

Schofield, J. W. (1995) *Computers and Classroom Culture*. Cambridge: Cambridge University Press.

Shepard, R. N. (1978) *Externalization of mental images and the act of criation*. In: Randhawa, B. S., Coffmam, W. E. (Eds.) *Visual Learning, Thinking and Comunnication*. Cambridge, MA: MIT Press, apud Fischbein, E. (1993) *The theory of Figural Concepts*. In: Educacional Studies in Mathematics, 24/2, 139-162.

Schwartz, G. (1997) *Globalização: o que é?* In: Dimenstain, G. *Aprendiz do Futuro: Cidadania hoje e amanhã*. São Paulo: Editora Ática. p.12.

Sebeok, T. A., Sebeok, J. U. (1983) *"You Know My Method": A Juxtaposition of Charles S. Peirce and Sherlock Holmes.* In: ECO, Umberto and SEBEOK, Thomas, *The Sign of Three.* Bloomington:Indiana University Press.

Sellers, J. (1994) *RFC1578: FYI on Questions and Answers – Answers to Commonly Asked "Primary and Secondary School Internet User" Questions.* In: http://www.faqs.org/rfcs/rfc1578.html (22/12/1998).

Seymour, D., Britton, J. (1989) *Introduction to Tessellations*. Palo Alto, California: Dale Seymour Publications.

Sgroi, R. J. (1992, March) *Systematizing trial and error using spreadsheets*. Arithmetic Teacher, p.8-12, apud Jonassen, D. H. (1996) *Computers in the Classroom: Mindtools for Critical Thinking*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.

Shubik, M. (1960) *Simulation of the industry and the firm*. American Economic Review, L, n.5, 908-919, apud Borges, E. L. (1997) *Design de um ambiente computacional de modelagem e simulação para formação de pessoal na indústria*. Campinas: Instituto de Computação da UNICAMP (Dissertação de Mestrado).

Simonson, M. R., Thompson, A. (1997) *Educational Computing Foundations*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.

Steiner, H. G. (1993) *Teoria da Educação Matemática (TEM): Uma Introdução*. Quadrante, Vol.2, N.2.

Stork, D. G. (Ed.) (1997*) Hal's Legacy: 2001's Computer as Dream and Reality*. Cambridge, MA: MIT Press.

Stout, R., Daves, M. (1996) *The Internet Science, Research & Technology Yellow Page*. Berkeley, California: Osborne - McGraw-Hill.

Strudwick, H., Spilker, J., Arney, J. (1995) *Internet for Parents*. Bellevue, Washington:Resolution Business Press.

Terrapin Software (1997) *Why Use Logo? An Overview of Logo in Education*. (http://www.terrapinlogo.com/whylogo/whylogo.htm) (30/12/1997).

Thomas, R. A., Boysen, J. P. (1984) *A taxonomy for the instructional use of computers*. AEDS Monitor, 22 (11, 12), 15-26, apud Simonson, M. R., Thompson, A. (1997) *Educational Computing Foundations*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall.

Toffler, A. (1990) *As Mudanças do Poder*. 2ª Ed. Trad. Luis Carlos do Nascimento Silva. Rio de Janeiro: Editora Record.

Toliver, P. (1996) *Microsoft Works for Teachers*. Foster City, California: IDG Books Worldwide, Inc.

Toliver, P. Kellog, C. (1996) *PCs for Teachers*. Foster City, California: IDG Books Worldwide.

Trujillo, F. A. (1982) *Metodologia da Pesquisa Científica*. São Paulo: McGraw-Hill, 318p, apud Lorenzato, S., Fiorentini, D. (1998) *Iniciação à Investigação em Educação Matemática*. Campinas: Faculdade de Educação da UNICAMP, 48p Artigo a ser publicado.

Tuner, J. (1988) *The use of spreadsheets in teaching undergratuate mathematics*. Computer Education, 12(4), 535-538, apud Maddux, C. D., Johnson, D. L., Willis, J. W. (1997) *Educational Computing: Learning with Tomorrow's Tecnologies*. 2nd Ed. Needham Heigths, MA: Allyn & Bacon.

Turine, M. A. S. (1994) *Tegram: Um Sistema Tutor de Geometria Plana baseado no Tangam.* Sào Carlos: Instituto de Ciências Matemáticas – USP (Dissertação de Mestrado).

Upinsky, A. (1989) *A Perversão Matemática: o olho do poder.* Rio de Janeiro: Francisco Alves.

Valente, J. A. (1995) *O Papel do Professor no Ambiente Logo*. In: Valente, J. A. (Org.) *O Professor no Ambienete Logo; Formação e Atuação*. Campinas: UNICAMP/NIED.

Valente, J. A. (1993a) *Diferentes Usos do Computador na Educação*. In: Valente, J. A. (Org.) *Computadores e Conhecimento: Repensando a Educação*. Campinas: UNICAMP/NIED.

Valente, J. A. (1993b) *EDUCOM - UNICAMP: 10 Anos de Trabalho com a Escola Pública.* In: Valente, J. A. (Org.) *Computadores e Conhecimento: Repensando a Educação.* Campinas: UNICAMP/NIED.

Valente, J. A. (1993c) *Lego-Logo:Explorando o Conceito de Design.* In: Valente, J. A. (Org.) *Computadores e Conhecimento: Repensando a Educação.* Campinas: UNICAMP/NIED.

Valente, J. A. (1993d) *Por Quê o Computador na Educação?* In: Valente, J. A. (Org.) *Computadores e Conhecimento: Repensando a Educação*. Campinas: UNICAMP/NIED.

Valente, J. A., Valente A. B. (1988) *Logo: Conceitos, Aplicações e Projetos.* São Paulo: McGraw-Hill.

Vaughan, T. (1996) *Multimedia: Making it Work*. Berkeley, CA: Wadsworth Publishing.

Verderber, N. L. (1990) *Spreadsheets and problem solving with AppleWorks in mathematics teaching*. Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, 9(3), 45-51, apud Jonassen, D. H. (1996) *Computers in the Classroom: Mindtools for Critical Thinking*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.

Virginia Space Grat Consortium (1997) The Educator's Guide to the Internet: A Handbook with Resources and Activities. 3rd Ed. Menio Park, California: Addison Wesley.

Vitale, B. (1995) *From Local to Global: Programming and the Unfolding of Local Models in the Explanatory Learning of Mathematics and Science*. In: diSessa, A. A., Hoyles, C., Noss, R. (Eds.) *Computers and Exploratory Learning*. NATO ASI Series F: Computer and Systems Sciences, Vol. 146. p.45-58.

Vitale, B. (1991) *Computador na Escola um Brinquedo a mais?* In: Ciência Hoje, v.13, n.77, out/nov, p.19-25.

Yakimanskaya, I. F. (1991) *Development of Spacial Thinking in School Children*. Soviet Studies in Mathematics Ed. Vol.3. Reston, USA: NCTM, apud Gutierrez, A. (1996) *Visualization in 3-Dimensional Geometry*: *In Search of a Framework***.** Departamento de Didáctica de la Matemática – Universidad de Valencia – Spain. PME 20th Proceedings – july – 8-12, Vol.1, p.1-19.

Zakon, R. H (1998) *Hobbes' Internet Timeline v3.3*. In: http://www.isoc.org/internet/history/cert.html (15/10/1998).

Zúñiga, A. R. (1987). *Algunas Implicaciones de la Filosofia y la Historia de las Matematicas en su Enseñanza* in Rev. Educación 11 (1): 7-19.

Waldman, H., Yacoub, M. D. (1997) Telecomunicações: Princípios e Tendências. São Paulo: Editora Érica.

Warger, C. (Editor) (1990) *Technology in Taday's Schools*. Alexandria, Virginia: Association for Supervision and Curriculum Development.

Weil, P., D'Ambrosio, U., Crema, R. (1993) *Rumo à Nova Transdisciplinaridade: sistemas abertos de conhecimento*. São Paulo: Summus Editorial.

Weinzenbaum, J. (1981) *Puissamce de l'ordinateur et raison de l'home: du judgement au calcul.* Paris: Editions Informatics.

Weyl, H. (1997) *Simetria*. Trad. Victor Baranauskas. São Paulo: Edusp (Tradução de: Symmetry).

White, G. (1968) *Perspectiva para Artistas, Arquitetos e Desenhadores*. Lisboa: Editorial Presença, Ltda.

Williams, B. (1996) *The Internet for Teachers*. Foster City, California: IDG Books Worldwile Inc.

Williams, B. (1996) *The Worl Wide Web for Teachers.* Foster City, California: IDG Books Worldwide Inc.

Wilson, J. (1985) *VisiCalc in the elementary school*. The Computing Teacher, 12(9) 29-30, apud Maddux, C. D., Johnson, D. L., Willis, J. W. (1997) *Educational Computing: Learning with Tomorrow's Tecnologies*. 2nd Ed.Needham Heigths, MA: Allyn & Bacon.

GLOSSÁRIO

AMS: American Mathematical Society.

Ângulo central: qualquer ângulo com vértice no centro de uma circunferência.

Ângulo externo: ângulo formado pelo prolongamento de um lado do polígono e o lado seguinte.

Ângulo inscrito: todo ângulo que tem vértice na circunferência e lados secantes a ela.

APS: Albuquerque Public System.

Arco: qualquer porção de uma linha curva e contínua.

ARPAnet: a ancestral original da Internet, fundado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos.

Basic: (Beginners All-Purpose Symbolic Instruction Code) linguagem de programação de alto nível projetada para programadores iniciantes. É popular com microcomputadores.

Backbone: termo aplicado para um canal de comunicação de alta velocidade que conecta várias redes locais ou instalações de computadores em uma instituição, como em uma universidade.

bit: uma abreviação para binary digit, o qual pode ser 0 ou 1.

bitmap: um registro de cada pixel na tela do computador.

Browser: programa de computador como Netscape Navigator o qual permite aos usuários conectar-se a "sites" remotos na Internet e recuperar informações armazenadas como documentos na World Wide Web.

byte: uma unidade de memória no computador consistindo de 8 bits consecutivos, freqüentemente usados para armazenar um caracter de dado ou informação.

CAI: (Computer-Assisted Instruction – Instrução Assistida por Computador) termo aplicado a uma situação professor/aprendiz, que envolve a interação instrucional direta entre computador e estudante.

CD-ROM: (Compact Disk-Read Only Memory) meio renovável de armazenamento computacional que pode armazenar imagens e/ou acima de 250.000 páginas de texto.

Circunferência: curva plana e fechada, cujos pontos são eqüidistantes de um ponto interior chamado centro.

CMC: (Computer Mediated Communication) processo de comunicação mediada por computador.

CMI: (Computer Managed Instruction – Instrução Gerenciada por Computador) sistema de software projetado para acompanhar os dados de desempenho dos estudantes, tanto como parte de programas CAI ou por eles próprios.

Corda: segmento de reta que une dois pontos da circunferência ou de outras curvas.

Coordenadas cartesianas: dois números que indicam a localização de um ponto no plano.

Debugging: utilizado nesta pesquisa para explicitar depuração do programa ou análise da programação.

Design: nesta pesquisa, está sendo tomado no sentido de elaboração e criação de projetos, nos quais o sujeito cria estratégias próprias, reavalia constantemente os objetivos a serem alcançados, transpõe conhecimentos anteriores na composição de suas heurísticas, enfim, recorre a hipóteses e conjecturas sobre a realidade em que está inserido, ou seja, lança mão de raciocínios abdutivos.

Desktop: computador de mesa.

Diâmetro da circunferência: segmento de reta que une dois de seus pontos e que passa pelo centro.

Diâmetro da semicircunferência: na presente pesquisa, utiliza-se a expressão diâmetro da semicircunferência como sendo o segmento de reta que coincide com o diâmetro da circunferência que a gerou.

Diâmetro de uma esfera: segmento de reta que une dois de seus pontos, passando pelo centro.

Domínios: banco de dados distribuído contendo nomes e endereços de computadores conectados à Internet.

DOS: (Disc Operating System) um popular sistema operacional desenvolvido pela Microsoft e encontrados em computadores compatíveis com IBM.

Downloading: transfência de arquivos a partir de um computador hospedeiro (host) em uma rede para máquinas remota tipicamente microcomputadores.

Drill and practice: (repetição e prática) estratégia de ensino que consiste na apresentação de problemas aos estudantes, oferecendo “feedback” em suas respostas.

E-mail: aplicação que propicia aos usuários enviar e receber mensagens eletronicamente usando tecnologia de comunicação de dados com computadores.

EAD: Ensino à Distância.

Eixos cartesianos: constituídos por duas retas perpendiculares, em geral designadas por x e y, que são as referências para as coordenadas cartesianas.

Elementary School: Escola Fundamental (1ª a 5ª série).

Exceel: software desenvolvido pela Microsoft do tipo planilha eletrônica.

Feedback: realimentação, retorno.

FTP: (File Transfer Protocol) meio para a transferência de arquivos de um computador para outro na Internet usando procedimentos de transmissão e ambiente comuns.

Gif: (Graphics Interchange Format) tipo de arquivo gráfico encontrado na Web.

Gigabits: abreviação Gb

Gopher: uma ferramenta de busca e de recuperação de documentos baseados em textos e na Internet.

High ceiling: tomado no sentido da linuagem de programação ser bem concreta, isto é, com pouco conhecimento de programação, o novato consegue escrever programas interessantes.

High School: Escola de Segundo Grau (9ª a 12ª série).

Home page: termo usado para a abertura de telas de uma aplicação na Web, na qual tipicamente contém textos e gráficos. É acessada através do próprio endereço através da Internet.

HTML: (Hypertext Markup Language) linguagem padrão para se criar páginas na World Wide Web com textos, gráficos e outras mídias.

HyperStudio: ferramenta de autoria em multimídia que permite comunicar-se apresentando idéias e trabalhos através da Internet.

IA: (Inteligência Artificial) programas de computadores que tentam simular as capacidades de tomadas de decisões da mente humana.

IBM compatível: um computador baseado em processadores Intel que usa o sistama operacional MS-DOS. A primeira máquina popular Intel/DOS era o computador pessoal IBM (processador Intel 8088).

ICAI: (Inteligent Computer-Aided Instruction) Instrução Assistida por Computador com softwares lógicos baseados nos princípios de Inteligência Artifical.

ILS: (Integrated Learning System) rede que combina software instrucional e gerenciamento e usualmente oferece uma variedade de pesquisas instrucionais em diferentes tópicos.

Internet: rede mundial que conecta muitas redes menores com um conjunto comum de procedimentos (protocolos) para enviar e receber informações.

IRC: (Internet Relay Chat) conhecido domo “bate papo” na Internet.

ISTEC: (Ibero-americam Science and Technology Educational Consortium) consórcio com sede na cidade de Albuquerque, New Mexico, USA.

Kid Pix: ferramenta utilizada para desenvolver habilidades gráficas.

LAN: (Local Area Network) uma série de computadores conectados através de métodos a cabos ou sem fio para compartilhar programas através de um computador central.

LCSI: Logo Computer Systems Inc

Linguagem interpretada: cada instrução de um programa é executado linha após linha.

links: um apontador entre nós em um banco de dados em rede significando que eles estão relacionados de alguma maneira.

Listserv: um programa na Internet que armazena e mantém listas e permitem que a mensagem seja enviada para cada membro da lista.

Low floor: tomado no sentido da linguagem ser fácil para o novato iniciar em programação.

Mbps: equivale a taxa 10^6 bits/segundo em uma transferência dos dados em uma transmissão digital de dados.

MECC: (Minnesota Education Computing Corporation) originalmente estabelecido como Minnesota Education Computing Consortium, uma das primeiras organizações para desenvolver e distribuir softwares instrucionais para microcomputadores.

Midle School: Escola de Ensino Fundamental nos níveis de 6ª a 8ª serie.

MIT: Massachusetts Institute of Technology.

Multi-tarefa: recurso da linguagem que possibilita que vários processos possam ser lançados (executados) independentemente, ocorrendo em paralelo.

Modem: um dispositivo de hardware que possiblita que dados sejam transmitidos por linha telefônicas por conversão de sinais digitais em sinais analógicos e vice-versa no extremo de recepção.

NCTM: National Council of Teachers of Mathematics.

Newsgroup: forma de usuários da Internet compartilharem gratuitamente informações.

NIED: Núcleo de Informática Aplicada à Educação da UNICAMP.

NSF: National Science Foundation.

On line: estar conectado a um sistema de computador em operação ou também participar de algo que esteja ocorrendo em tempo real.

Patches: partes do mundo no qual as tartarugas vivem.

Perímetro: é a medida do contorno de uma figura geométrica plana.

Pixel: (abreviação de picture elements) a menor unidade da luz que pode ser mostrada na tela do computador.

PME: Psychological Mathematics Education

Rede ANSP: Rede de suporte à Internet no Estado de São Paulo.

RFC: (Request for Comments) documentos que definem a Internet, dizendo como ela funciona, como usá-la e para onde ela está indo.

Resolução: número de pixels em uma tela.

RNP: (Rede Nacional de Pesquisa) programa do Ministério da Ciência e Tecnologia cuja missão é disseminar o uso da Internet no Brasil. Mantém uma rede interligando os estados brasileiros.

Servidor: um computador que compartilha seus recursos, tais como impressoras e arquivos, com outros computadores na rede.

Shareware: programas disponíveis na Internet que os usuários podem acessar. Alguns são grátis, outros o usuário paga uma certa taxa.

Simulation: (Simulação) tipo de software que modela o sistema real ou imaginário para ensinar os princípios nos quais o sistema se baseia.

Software: programas escritos em uma linguagem computacional.

Spreadsheet: software projetado para armazenar dados (usualmente, mas não sempre, numéricos) por posições de linas e colunas conhecidas como células, pode também realizar cálculos com os dados.

Sprite: objeto em algumas versões da linguagem de programação Logo que o usuário pode definir por, forma, e outras características e também usar para fazer animações na tela.

Standalone: recurso que propicia a possibilidade ao programa ser executado independentemente da plataforma que o gerou.

T1: circuito digital dedicado que faz conexões ponto a ponto; um portador que permite aos usuários enviar aplicações diversas em única linha de fluxo de dados (incluindo voz, vídeo, ou dados) através de uma linha de transmissão dedicada

Tangente: uma reta é tangente a uma circunferência quando possui um único ponto de contato com ela.

TCP/IP: (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) conjunto de padrões desenvolvidos para permitir a interconexão de diferentes redes.

Telnet: um programa que permite ao usuário conectar-se com a Internet a partir de seu computador (computador local) através de outro computador (computador remoto).

Tutorial: (tutorial) estratégia de ensino que expõe o aluno a assuntos que se assume não terem sido previamente ensinados ou aprendidos.

UNM: The University of New Mexico.

Video clip: programa de animação de curta duração contendo efeitos sonoros e visuais.

Vista: é a imagem que se tem de um determinado objeto. A vista frontal é a que se tem, quando se olha de frente para o objeto. A vista lateral direita é a que se tem, quando se olha o objeto a partir de seu lado direito. A vista superior é a que se tem, quando se observa o objeto estando acima dele.

Web: ver WWW.

Windows95: Sistema operacional introduzido em 1995 pela Microsoft para computadores pessoais.

WWW: (World Wide Web) rede de servidores de informações que apresenta textos formatados, gráficos, animações e sons. Apresenta elos de conexões com hipertextos.