

Design da Interação em Ambientes Virtuais: uma abordagem semiótica

Oswaldo Luiz de Oliveira

Maio de 2000

Banca Examinadora:

- Prof.^a Dr.^a Maria Cecília Calani Baranauskas (Orientadora)
- Prof.^a Dr.^a Clarisse Sieckenius de Souza
Departamento de Informática – PUC-Rio
- Prof. Dr. Philadelpho Menezes Neto
Programa de Pós-graduação em Comunicação e Semiótica – PUC-SP
- Prof. Dr. Célio Cardoso Guimarães
Instituto de Computação – UNICAMP
- Prof. Dr. Hans Kurt Edmund Liesenberg
Instituto de Computação – UNICAMP
- Prof.^a Dr.^a Raquel Oliveira Prates
Departamento de Informática – IME/UERJ
- Prof.^a Dr.^a Ariadne Maria Brito Rizzoni Carvalho
Instituto de Computação - UNICAMP

200016114

UNIDADE	B.C.
N.º CHAMADA:	T/UNICAMP
	OL4d
V.	Ex.
TOMBO BC/	42810
PROC.	16-278100
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREC@	R\$11,00
DATA	20/10/00
N.º CPD	

CM-00147238-9

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DO IMECC DA UNICAMP

Oliveira, Osvaldo Luiz de

OL4d Design da interação em ambientes virtuais: uma abordagem semiótica / Osvaldo Luiz de Oliveira -- Campinas, [S.P. :s.n.], 2000.

Orientadora: Maria Cecília Calani Baranauskas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Computação.

1. Interface (Computador). 2. Interação homem-máquina. 3. Realidade virtual. 4. Semiótica. I. Baranauskas, Maria Cecília Calani, 1957-
II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Computação. III. Título.

Este exemplar corresponde à redação final da
Tese/Dissertação, devidamente corrigida e defendida
por: Oswaldo Luiz de
Oliveira
e aprovada pela Banca Examinadora.
Campinas, 08 de maio de 2000
Vitor de Paula
COORDENADOR DE PÓS-GRADUAÇÃO
CPG-IC

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

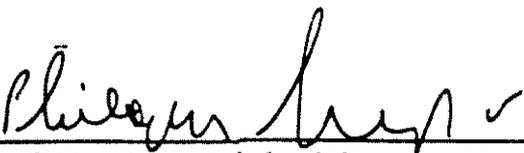
**Design da Interação em Ambientes Virtuais:
uma abordagem semiótica**

Oswaldo Luiz de Oliveira

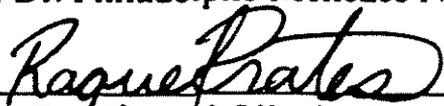
Tese de Doutorado

TERMO DE APROVAÇÃO

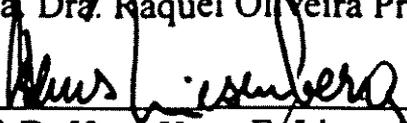
Tese defendida e aprovada em 08 de maio de 2000, pela Banca Examinadora composta pelos Professores Doutores:



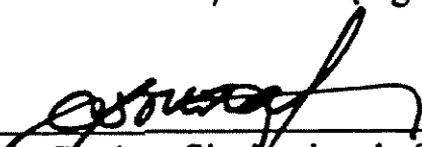
Prof. Dr. Philadelpho Menezes Neto



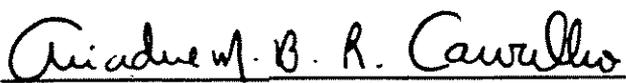
Prof. Dra. Raquel Oliveira Prates



Prof. Dr. Hans Kurt E. Liesenberg



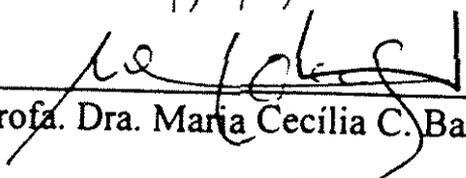
Prof. Dra. Clarisse Sieckenius de Souza



Prof. Dra. Ariadne M. B. R. Carvalho



Prof. Dr. Célio Cardoso Guimarães

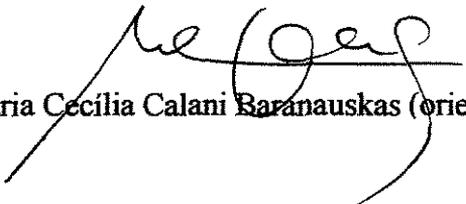


Prof. Dra. Maria Cecília C. Baranauskas

Design da Interação em Ambientes Virtuais: uma abordagem semiótica

Texto correspondente à redação final da tese devidamente corrigida e assinada pela orientadora.

Campinas (SP), 31 de maio de 2000


Maria Cecília Calani Baranauskas (orientadora)

Tese apresentada ao Instituto de Computação, UNICAMP, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Ciência da Computação.

Resumo

Ambientes virtuais, algumas vezes também denominados sistemas de realidade virtual, são ambientes computacionais que incorporam um certo estilo de interação Humano-Computador no qual os signos aos quais o ser humano é exposto são gerados pelo computador de maneira relativa ao “ponto de vista” de um participante individual. Dirigidos inicialmente a aplicações científicas e a simuladores de alto custo, hoje os ambientes virtuais são amplamente empregados em áreas tais como arquitetura, medicina, entretenimento, treinamento, educação, psicoterapia, visualização, modelagem digital de manufaturas, comunicação e até mesmo em arte graças basicamente à confluência de três fatores: a queda no custo dos recursos computacionais, o aumento de performance dos processadores e o desenvolvimento de algoritmos eficientes e robustos para computação gráfica e sonora. A pesquisa sobre ambientes virtuais conduzida até agora tem se fixado na melhoria da performance e da qualidade de resposta dos ambientes virtuais. A preocupação com o design da interação do ser humano em ambientes virtuais de forma abrangente é relativamente recente. Tendo como pano de fundo a Semiótica de Peirce, esta tese trata do design da interação do ser humano em ambientes virtuais propondo o entendimento destes ambientes e do próprio design como signo. Nós objetivamos primariamente o desenvolvimento de um modelo conceitual para interação em ambientes virtuais, o estabelecimento de princípios que governam esta interação e a criação de um método para design destes ambientes. Secundariamente, nós analisamos o potencial que o modelo conceitual proposto tem para ser aplicado a outras classes de software e como os princípios de design propostos podem ser utilizados num quadro de inferência lógica de questões remetidas a ambientes virtuais. Um protótipo de ambiente virtual que permite a crianças o desenvolvimento e a atuação em peças de teatro é desenvolvido para ilustrar os conceitos discutidos e para exemplificar na prática a aplicação destes conceitos.

Abstract

Virtual environments, also called virtual reality systems, are computational environments that incorporate a style of Human-Computer interaction in which the signs to which human beings are exposed, are generated by the computer in accordance with the “point of view” of an individual participant. Early directed to scientific applications and to high-cost simulators, nowadays the virtual environments are broadly applied to fields such as architecture, medicine, entertainment, education, psychotherapy, visualization, digital modeling of manufactures, communication and even in arts because of the confluence of 3 factors: the decrease in the cost of computational resources, the increase in the performance of processors and the development of efficient and robust algorithms for graphics and sound processing. Research on virtual environments has so far put a focus on the improvement of performance and quality of the response from the system. Concern with the design of the interaction of the human being in virtual environments in a broad way is recent. Having as a background the Semiotics of Pierce, this thesis deals with the design of interaction of the human being in virtual environments proposing the understanding of these environments and of the design itself as a sign. We aimed primarily the development of a conceptual model for the interaction in virtual environments, the establishment of interaction design principles and the creation of a design method for such environments. Secondly, we analyzed the potential that the proposed conceptual model in being applied to other software classes and how the design principles proposed may be used in a framework of logical inference related to questions that have to do with virtual environments. A virtual environment prototype which allows children the development and the acting in theater plays was developed to illustrate the discussed concepts and to exemplify by practice the application of these concepts.

Agradecimentos

Há em cada palavra e em cada frase desta tese um sentimento de profunda gratidão que precisa ser destacado. Graças à confiança que a professora M. Cecília C. Baranauskas depositou em meu trabalho, tive a oportunidade e o privilégio de participar sob sua orientação deste maravilhoso ambiente de estudo, de construção do conhecimento e de amor ao saber que é o Instituto de Computação da Unicamp. Com a Prof.a Cecília tenho uma dívida pela aprendizagem, pela orientação ativa e participativa, pela valorização das minhas idéias, pelos caminhos apontados, pela discussão atenta e inteligente e pela incansável motivação a este trabalho. Se algum dia eu vier a ter a responsabilidade da orientação de algum estudante, vou tentar me espelhar no perfil desta magnífica professora e, com admiração, me lembrarei do seu espírito de generosidade, do seu rigor teórico, da análise paciente e criteriosa que faz do objeto de estudo, da sua concentração no trabalho e da sua disponibilidade e ânimo para a discussão e para respostas a dúvidas.

Sou duplamente grato à Comissão de Pós-graduação do Instituto de Computação pelos créditos a mim confiados nos seus programas de Mestrado e de Doutorado em Ciência da Computação. Em especial, agradeço ao prof. Cid Carvalho de Souza, coordenador desta comissão entre 1995 e 1996, pela coordenação metódica, inteligente e sobretudo pela perspectiva humanística com que sempre conduziu os seus trabalhos.

É também grande a minha gratidão à prof.a Ariadne M. Brito Rizzoni Carvalho pela forma amiga com que me tutorou durante os dois primeiros semestres de minha dedicação ao programa de doutorado.

Eu tive a honra e a satisfação de interagir com o SERG, *Semiotic Engineering Research Group*, este estimulante e competente grupo de pesquisa, referencial para o que fazemos, e com interesse muito próximo ao nosso. Ao pessoal do SERG e em especial à prof.a Clarisse Sieckenius de Souza os meus sinceros agradecimentos pelos vários comentários a este trabalho e pelo carinho com que sempre me receberam.

Agradeço a Flávia Rossler pelo companheirismo e pela ajuda nas discussões de muitos dos assuntos desta tese. Agradeço anonimamente também àqueles que nos ajudaram neste trabalho por se deixarem ser observados, a outros que debateram-no conosco nas conferências de que participamos e também àqueles que, de forma anônima, avaliaram fragmentos deste trabalho na forma de artigos.

Sou ainda grato ao CNPq pelo importantíssimo apoio à minha participação no programa de doutorado e ao PROCORE-USF, programa de cooperação e representação da Universidade São Francisco, que me forneceu um bom auxílio financeiro para participação em conferências.

Espero que o conhecimento, a inteligência, a seriedade e a disposição que definem o perfil dos professores do Instituto de Computação também tenham deixado aqui neste trabalho algumas de suas marcas. Agradecido e com muita admiração, deixo aos professores do Instituto de Computação um abraço amigo.

Para Ana Cristina e Igor.

Sentado em meu colo no escritório da nossa casa, quase dois anos de idade, ele assistia atentamente às imagens e ruídos de um aplicativo para proteção de tela de computador que exibia um ambiente composto por uma casa assombrada e, à frente, uma coruja sobre uma árvore, numa noite de lua cheia. Morcegos e gatos pretos por vezes cruzavam aquele sinistro ambiente e podia-se ouvir misteriosos sons. Em uma das janelas da casa assombrada, via-se a estranha silhueta de um homem apagando uma vela. Foi aí que percebi que Igor tinha as mãos cerradas, o pequeno corpo encolhido e que, com medo e já chorando, exclamava “Eu quero ir para minha casa papai!”.

Sumário

Resumo v

Abstract vi

Lista de figuras xv

1. Introdução 1

1.1- Design de software 3

1.2- A natureza sígnica dos sistemas baseados em computador 6

1.3- A natureza sígnica do design enquanto processo 9

1.4- Ambientes virtuais 11

1.5- Organização da tese 13

1.6- Sobre a grafia e o significado de algumas palavras 15

2. O objeto de estudo, o problema e o estado da arte 17

2.1- Ambientes virtuais – conceitos básicos 19

2.2- A tecnologia envolvida 21

2.3- Origens e desenvolvimento 30

2.4- Aplicações 33

2.5- Imersão, sistemas de signos e classes de ambientes virtuais 46

2.6- O problema da interação 51

2.7- O estado da arte relativo ao design da interação em ambientes virtuais 53

3. Objetivos e metodologia 57

4. Referencial teórico	63
4.1- Semiótica: origens e abrangência	65
4.2- A matriz da Semiologia: Saussure	67
4.3- A Semiologia nos trabalhos de Louis Hjelmslev	70
4.4- Semiótica: Peirce	75
4.5- A Semiótica nos trabalhos de Umberto Eco	82
4.6- Abordagens semióticas em design	86
A Semiótica Computacional de Andersen	88
A Engenharia Semiótica de Souza	93
Outros trabalhos	96
5. Modelo conceitual, princípios de design e método propostos	99
5.1- Introdução	101
5.2- Um modelo conceitual para a interação em ambientes virtuais	108
5.3- Princípios sobre os quais o método de design se baseia	114
5.4- Visão geral do processo subjacente ao método	117
5.5- Os modelos que instrumentam o método	120
Modelo de entidades	121
Modelo de comunicações	126
Modelo de Análise de alternativas	135
Poder de expressão dos modelos	138
5.6- Análise do domínio do ambiente virtual	138
Definição do ambiente virtual, do domínio e dos limites da análise	140
Definição das entidades em que o usuário pode imergir	142
Coleta de informações sobre o domínio do ambiente virtual	142

Identificação das entidades e estabelecimento do modelo de entidades	146
Identificação das comunicações e estabelecimento do modelo de comunicações	150
5.7- Análise de alternativas	153
5.8- Desenvolvimento	155
5.9- Avaliação	156
6. Contribuições do modelo conceitual proposto ao design de outras classes de software	159
6.1- Evolução dos modelos conceituais subjacentes às interfaces	161
6.2- Limitações da metáfora desktop enquanto modelo conceitual para interação	162
6.3- O potencial do modelo conceitual proposto para superar as limitações do modelo baseado na metáfora desktop	163
7. Discussão e conclusões	171
7.1- O modelo conceitual de interação proposto e o entendimento da relação entre ser humano e sistemas computacionais	173
7.2- O método de design proposto: contribuições e observações diversas	177
O design como algo provisório, fruto de processos dialéticos, fruto da semiose	179
Entidades, não objetos e não agentes de software	182
O design a partir do ponto de vista do participante imerso	184
O processo de análise do domínio do ambiente virtual e a análise de sistemas	186
7.3- Os princípios de design propostos e as potencialidades educacionais de ambientes virtuais	187
7.4- Perspectivas de trabalhos futuros	191

7.5- A Semiótica enquanto referencial teórico desta tese 192

Apêndice A: Referência rápida ao método de design proposto 195

A.1- Modelo conceitual subjacente ao método 196

A.2- Princípios de design 196

A.3- Notação empregada na descrição dos modelos e do processo subjacentes ao método 197

A.4- Modelo de entidades 198

A.5- Modelo de comunicações 199

A.6- Modelo de análise de alternativas 200

A.7- O processo de design 201

Apêndice B: TC – Teatro no Computador: Referência rápida ao uso da primeira versão e visão geral do design do protótipo atual 205

B.1- Apresentação 207

B.2- Referência rápida ao uso da primeira versão 209

Visão geral da interface 209

Menus 210

Comandos dos menus 211

O script 213

Barra de botões 214

Escolha de música e sons diversos 215

Escolha de itens para composição do cenário 216

Edição de fala 217

Escolha de peças da Internet 219

Publicação de peças na Internet 221

Teclas de acesso rápido 222

B.3- Visão geral do design do protótipo atual 224

O ambiente, algumas entidades e várias maneiras de imersão	224
A entidade Computador	227
A entidade Biblioteca de Música e Sons	228
A entidade Servidor de Peças na Internet	229
A entidade Editor de Sinopses ou, simplesmente, Sinopses	231
Outras entidades	232

Referências bibliográficas	233
-----------------------------------	------------

Lista de figuras

- 2.1 - Componentes fundamentais do laço de interação Humano-Computador para um ambiente virtual tipicamente imersivo 21
- 2.2 - Um rastreador eletromagnético (unidade eletrônica, transmissor e receptores) e (b) um sistema para rastreamento de vários pontos do corpo 23
- 2.3 – HMD 24
- 2.4 - Óculos obtutador Crystal Eyes 25
- 2.5 – BOOM 25
- 2.6 - Componentes de um CAVE e (b) um usuário imerso em um CAVE 27
- 2.7 - Uma mesa virtual 28
- 2.8 - (a) Um mouse tridimensional (Logiteck, 1999), (b) uma luva de dados e (c) um exoesqueleto 29
- 2.9 - Um toolkit para modelagem de cozinhas 33
- 2.10 - (a) Modelo para uma enzima e (b) um modelo animado para a síntese do ATP 35
- 2.11 - Um sistema de realidade aumentada permitindo a visualização de um feto 36
- 2.12 - O Túnel de Vento virtual 37
- 2.13 - Cidades virtuais: (a) uma Veneza virtual e (b) Tenochtitlán, capital Asteca, provavelmente como ela era no ano de 1519 38
- 2.14 - (a) Um simulador para uma serra e (b) um simulador de punção dorsal 40

- 2.15 - Ambiente virtual utilizado na terapia de aracnofobia 41
- 2.16 - Um sistema de telepresença 42
- 2.17 - Sistemas para entretenimento: (a) Dream Glider, (b) Sky Explorer, (c) Dream Glider e Sky Explorer voando sobre uma cidade, (d) Civilisation II, um jogo de estratégia, (e) Grad Prix II (corrida de Fórmula I). (f) Fifa 2000 (Futebol) 43
- 2.18 - Uma floresta virtual 44
- 2.19 - Ambientes virtuais com fins artísticos: (a) Data Comandos de, (b) A Journey Through Cyberspace (Virtuum, 1999) e (c) Place Holder de Brenda Laurel e Rachel Strickland 45
- 2.20 - OnLive! Traveller, um ambiente virtual multiusuário para comunicação síncrona 46
- 2.21 - Espectro de classes de ambientes virtuais no que se refere ao suporte à imersão que eles propiciam 48
- 4.1 - Sintagmas e paradigmas 70
- 4.2 - A função signica 71
- 4.3 - Tipos de funções 73
- 4.4 - A operação *Cut* pressupõe a seleção de um texto 74
- 4.5 - O signo como uma relação triádica 77
- 4.6 - As três primeiras tricotomias dos signos 80
- 4.7 - Dez classes de signos 81
- 4.8 - As quatro cadeias formadas por signos baseados em computador 90
- 4.9 - (a) Tabela mostrando as relações entre as unidades da cadeia analisada e (b) análise semiológica estruturalista da cadeia tomada como exemplo 93

- 5.1 - Grand Prix II - imagem de uma prova a partir do ponto de vista de uma câmara instalada na lateral de um dos carros no circuito de rua do principado de Mônaco 101
- 5.2 - O usuário atuando no TC como um diretor 104
- 5.3 - Um instantâneo do ponto de vista do usuário participando no TC como um ator 106
- 5.4 - O usuário imerso no TC como um espectador 107
- 5.5 - O usuário participando do TC como um autor 107
- 5.6 - O primeiro protótipo do TC 108
- 5.7 - Interação Humano-Computador entendida como um sistema de comunicação 109
- 5.8 - Diferentes possibilidades de emissão de signos pelas entidades da interface 113
- 5.9 - Esquema para definição do modelo de entidades 123
- 5.10 - Um submodelo de entidades 125
- 5.11 - Esquema para definição do modelo de comunicações 130
- 5.12 - Um modelo de diálogo 133
- 5.13 - Esquema para definição do modelo de Análise de alternativas 135
- 5.14 - O modelo para um questionamento (fragmento do modelo de análises de alternativas do TC) 137
- 5.15 - Uma definição dos objetivos de um ambiente virtual 140
- 5.16 - Uma definição do domínio de análise 140
- 5.17 - Uma definição dos limites de análise de um domínio 141
- 5.18 - Uma definição das entidades em que o usuário pode imergir 142

- 5.19 - Fragmentos de textos presentes em fontes de informação sobre o domínio do Teatro 143
- 5.20 - Subconjunto das entidades percebidas pelo usuário imerso no domínio do Teatro como um diretor 148
- 5.21 - Subconjunto de tarefas associadas às entidades diretor e ator no domínio do Teatro 152
- 6.1 - Um instantâneo da interface do Microsoft Word 97 destacando elementos discutidos nesta seção 167

Capítulo 1

Introdução

- 1.1- Design de software 3
- 1.2- A natureza sgnica dos sistemas baseados em computador 6
- 1.3- A natureza sgnica do design enquanto processo 9
- 1.4- Ambientes virtuais 11
- 1.5- Organização da tese 13
- 1.6- Sobre a grafia e o significado de algumas palavras 15

Esta tese trata do design de ambientes virtuais tendo a Semiótica como fundamento, a ciência geral de todos signos. Não se trata de projeto de software. Este capítulo introdutório esclarece o que isto significa discutindo o que é design de software e a sua constituição enquanto signo, o que são os ambientes virtuais e como os sistemas computacionais em geral, não apenas ambientes virtuais, são signos. O capítulo termina com uma discussão sobre a organização da tese, os capítulos que a compõem, e com uma nota sobre a grafia e o

significado de algumas palavras empregadas neste texto que não pertencem ou foram recentemente incluídas na língua portuguesa.

1.1- DESIGN DE SOFTWARE

Quando os primeiros computadores apareceram no cenário comercial na década de 50, eles eram extremamente difíceis de se usar. Existe um certo número de razões para isto (Preece, J. *et al.*, 1994):

- eles eram máquinas muito grandes e caras e, portanto, destinadas a um pequeno número de usuários;
- eles eram usados somente por especialistas, cientistas e engenheiros que conheciam os “segredos” da programação por meio de cartões perfurados;
- pouco era conhecido sobre como fazer com que o uso deles fosse feito por não especialistas.

Hoje em dia, estas condições não valem mais: o custo dos computadores tem se tornado cada vez mais baixo, usuários não especialistas estão lidando com eles dia a dia e nós temos um entendimento melhor sobre como torná-los máquinas adequadas às necessidades das pessoas e seus trabalhos. Em menos de cinquenta anos, computadores se transformaram de enormes máquinas alojadas em grandes salas com ar condicionado em pequenas máquinas que podem ser instaladas em escritórios, isto sem falar naqueles que são portáteis.

O desenvolvimento dos primeiros computadores pessoais na década de 70 foi um grande marco, uma vez que estas máquinas proviam capacidade de processamento interativo com usuários individuais a um baixo custo. Consequentemente, pessoas de todos os ramos de atuação (comércio, agricultura, educação, manufatura, entretenimento etc.) começaram a usar sistemas de computador. Agora, a difusão dos computadores tem sido tal que, jovens ou idosos, peritos ou não peritos, deficientes físicos/mentais ou não, estão usando direta ou indiretamente computadores de uma forma ou de outra. A globalização, a convergência entre computadores e telecomunicação têm interconectado pessoas do mundo todo por meio do computador.

No momento em que a maioria dos usuários definitivamente não são mais informatas profissionais, quando os problemas sutis da comunicação e significação suplantam os da administração pesada e do cálculo bruto que foram os da primeira informática, a interface torna-se o ponto nodal do agenciamento sociotécnico (Lévy, 1995, p. 177). Aplicando o conceito de interface não só a sistemas computacionais, Lévy descreve bem este momento de ruptura de antigos hábitos, conferindo à interface papel ímpar na nova ordem que se estabelece. O momento pede boas interfaces, pede que se repense a interação do ser humano com os artefatos técnicos com os quais lida de forma a permitir um melhor agenciamento sociotécnico.

Para que o ser humano possa usar efetivamente o seu ambiente, as suas ferramentas e as suas máquinas, o **design**¹ delas precisa ser adequado. O design de muitos objetos que encontramos no nosso dia a dia (o volante de um automóvel, uma chaleira, a maçaneta de uma porta, uma torneira, um copo, um semáforo de trânsito) não é aleatório. Existe uma razão para estes objetos serem do jeito que são. A maçaneta de uma porta precisa conformar-se à mão que vai manipulá-la ao mesmo tempo em que deve ser suficientemente resistente para permitir que se puxe a porta (Laurel e Mountford, 1990).

Mas o que é design? Considere um exemplo: arquitetos, não engenheiros, possuem a responsabilidade de estudar e propor soluções para a ocupação adequada do espaço pelo ser humano. Kapor comenta:

Quando você vai construir uma casa você procura primeiro um arquiteto, não um engenheiro. Por que isto? Porque os critérios que qualificam uma construção como boa caem fora do domínio das coisas com que lidam os engenheiros. Você quer quartos em lugares quietos, assim as pessoas podem dormir e você quer a sala de jantar próxima à cozinha. A razão pela qual cozinha e sala de jantar devem estar próximas emerge primeiro do fato de que o propósito da cozinha é permitir o preparo dos alimentos, ao passo que

¹ É comum o emprego do termo design segundo dois sentidos: (1) da forma como neste ponto do texto estamos colocando, denotando as estruturas e dispositivos de um artefato que suportam e se conformam ao ser humano e (2) referindo-se ao processo que conduz ao desenvolvimento de tais estruturas e dispositivos. Usaremos o termo design nestes dois sentidos e deixaremos, quando for possível, que o contexto explicito o uso específico que estamos fazendo do termo em um dado momento.

o propósito da sala de jantar é permitir o consumo dos mesmos e, segundo, do fato de que as salas com os propósitos descritos devem circunscrever um espaço fechado. Isto não é um item de sabedoria técnica mas uma peça de conhecimento de design (Kapor, 1996, p. 4).

Nesta mesma medida, para que computadores sejam usados efetivamente, o design de seus software deve ser adequado. **Design de software** é um campo novo que estuda a interseção entre humanos e computador e as várias interfaces (físicas, sensoriais, psicológicas) que os conectam (Winograd, 1996). Design de software é um campo pluralista que envolve diversas disciplinas entre elas: Engenharia de Software, Engenharia de Hardware, Psicologia, Inteligência Artificial, Linguística, Antropologia, Sociologia, Filosofia, Ergonomia e Fatores Humanos (Draper e Norman, 1986). Quando dizemos que o design de um software funciona, queremos dizer que ele funciona dentro de um contexto de valores e necessidades das pessoas que irão utilizá-lo. Para praticar design é preciso pensar e criar estruturas que dêem suporte à interação Humano-Computador. Diferente de um projetista de software, um designer² de software deve ultrapassar a barreira das estações de trabalho e conceber estruturas que se adaptem ao pensamento das pessoas que irão usar o software (Winograd, 1995).

A abordagem tradicional e mais usual que tem caracterizado a pesquisa sobre design de software tem sido a cognitiva. **Cognição** refere-se ao processo pelo qual nos tornamos conscientes das coisas ou, de outro modo, como nós adquirimos conhecimento. Isto inclui entendimento, capacidade de memória, raciocínio, atenção, aquisição de habilidades e criação de novas idéias. A principal meta da pesquisa nesta área tem sido a de entender e representar como os seres humanos interagem com os computadores em termos da forma como o conhecimento é transmitido entre os dois.

A base teórica para esta abordagem repousa sobre a Psicologia Cognitiva: ela explica como os seres humanos atingem os objetivos que lhes são propostos. Tal atividade, orientada a objetivo, compreende a realização de tarefas que envolvem processamento de informação. Os seres humanos são caracterizados como processadores de informação. Qualquer coisa que é sentida (vista, ouvida, cheirada, degustada, tocada) é considerada uma

² Refere-se àquele que desenvolve o design.

informação que a mente pode processar. A idéia básica é a de que a informação entra e sai da mente humana através de uma série ordenada de estágios de processamento (Preece *et al.*, 1994).

O modelo dos seres humanos como processadores de informação tem influenciado o desenvolvimento de diversos modelos de interação Humano-Computador como, por exemplo, o GOMS (Card, Moran e Newell, 1983) e a Teoria da Ação (Norman, 1986). A interação Humano-Computador é vista como composta de duas unidades de processamento: o ser humano e o computador. A saída de uma unidade de processamento é a entrada da outra. Em outras palavras, a interação Humano-Computador pode ser descrita como um laço (Kaptelinin, 1996). As vantagens deste esquema são as seguintes: primeiro ele provê uma descrição coerente de todo o sistema de interação dentro da perspectiva de processamento de informação; segundo, aspectos da interação Humano-Computador, tal como apresentação de informação para o usuário, percepção do usuário, modelo mental da tarefa, atenção do usuário sobre o sistema e dispositivos de entrada e saída podem ser facilmente localizados dentro deste esquema.

A abordagem cognitiva pode ser aplicada com sucesso a um grande número de problemas de interação Humano-Computador. Contudo, existe um emergente consenso sobre os limites desta abordagem. O laço de informação é fechado, assim torna-se difícil levar em consideração fenômenos que estão fora dele (Kaptelinin, 1996). Por exemplo, a abordagem puramente cognitiva não provê uma base apropriada para levar em consideração fenômenos de natureza lingüística e de interação entre grupos de pessoas. Em consequência, estudos sobre a interação Humano-Computador que levam em conta não somente os aspectos imediatos da interação mas, também, aspectos subjacentes ao contexto cultural e social em que a interação se dá, necessitam de uma outra abordagem complementar.

1.2- A NATUREZA SÍGNICA DOS SISTEMAS BASEADOS EM COMPUTADOR

Uma importante idéia subjacente a este trabalho é que sistemas baseados em computador podem ser entendidos como mídia, isto é, são artefatos tecnológicos que intermediam a nossa comunicação e como tal são usados

para transmitir informações, conhecimentos, sentimentos e pedidos, para permitir conversação, entretenimento etc.. Neste sentido, computadores não são comparados a ferramentas como frequentemente é o caso, mas a livros, teatro, cinema, telefone, jornais etc.. Nós não estamos nos referindo somente a aplicações para comunicação tais como correio eletrônico, videoconferência ou aplicações classificadas como Groupware ou CSCW (*Computer Supported Cooperative Work*) para as quais o papel de mídia torna-se evidente. Estamos nos referindo a qualquer classe de software.

Sendo essencialmente mídia, sistemas de computadores são usados para veicular signos. Um **signo** é qualquer coisa que está no lugar de outra coisa para alguém³ sob determinados aspectos ou capacidades (Peirce, CP 2.228)⁴. Isto é, qualquer marca, movimento físico, símbolo, sinal etc., usado para indicar e transmitir pensamentos, informações e comandos constituem signos (Sebeok, 1994). Uma foto é um signo na medida em que ela está para os elementos nela representados para alguém que a interpreta. E, se na interpretação de alguém, a palavra “amarelo” está para a cor amarelo, manchas vermelhas no rosto estão para o sarampo, a pronúncia da palavra “cavalo” está para o animal cavalo, fumaça está para o fogo, o desenho de uma impressora na tela de um computador está para imprimir, balançar a mão de um certo modo está para o adeus, um certo perfume está para a rosa, então, “amarelo”, manchas vermelhas no rosto, a pronúncia da palavra “cavalo”, a fumaça, o desenho da impressora, o balançar da mão e o perfume da rosa são todos exemplos de signos. Observe que, sem o signo, a nossa comunicação seria muito pobre, uma vez que seríamos obrigados a nos comunicar fazendo uso, apenas, dos próprios objetos a que queremos nos referir.

³ Este alguém não pressupõe necessariamente um ser humano, psicológico, existente e palpável (Santaella, 1995, p. 22). Veja a seção 4.4 para maiores detalhes.

⁴ Parte dos trabalhos de Charles Sanders Peirce, fundador de uma das vertentes da Semiótica, foram publicados, após sua morte, em uma coleção de oito volumes sob o título *Collected Papers of Charles Sanders Peirce* cujos parágrafos foram numerados. Nesta tese, pensamos em facilitar a eventual consulta a estas obras grafando, de forma diferente ao que normalmente fazemos, a referência às mesmas. Assim, nesta referência, CP é abreviatura de “Collected Papers” e “2.228” significa o parágrafo de número 228 do volume 2.

O estudo dos signos e da forma como eles funcionam na produção de significados é denominado **Semiótica**, e esta disciplina provê a fundamentação teórica desta tese. A Semiótica tem por objeto de estudo todas as possíveis linguagens e se propõe a ver o mundo como linguagem. Ela busca em cada fenômeno (social, químico, físico, biológico etc.) analisar e descrever os fenômenos enquanto sua constituição como linguagem.

Computadores são máquinas semióticas que criam, através do software, ambientes que se revelam para o usuário através dos signos de uma linguagem, a linguagem da interface. A interface é um ambiente de comunicação, um espaço que por um lado comunica algo ao usuário e por outro lado permite que o usuário se expresse segundo as regras do sistema semiótico (linguagem) subjacente ao ambiente. Uma interface em geral contém centenas de signos que: (1) constituem “fisicamente” o ambiente comunicando ao usuário o que o ambiente é e o que ele possui; (2) permitem que o usuário participe do ambiente possibilitando a ele a comunicação segundo o sistema semiótico do ambiente. Por exemplo, a interface de um software como o Microsoft Word 97⁵ possui signos que definem o ambiente Microsoft Word conferindo-lhe existência. Estes signos, não só aqueles que formam o help, indicam ao usuário o que é o Microsoft Word e o que é possível ser feito neste ambiente como, por exemplo, a possibilidade de abrir um arquivo existente ou a de imprimir um arquivo. Usando a linguagem subjacente à interface do Microsoft Word 97, o usuário pode formular uma sentença cujo significado é equivalente a “Abrir o arquivo ‘xyz.doc’ e imprimir este arquivo”.

Aquilo de que é composta a interface criada pelo sistema computacional é signo (*representamen*)⁶, tem o potencial de gerar um interpretante em uma mente interpretadora. Assim, pode-se compreender melhor agora a afirmação de que um sistema computacional é mídia, posto que o signo veicula o “pensamento” do designer ao usuário. Isto evidentemente é similar ao que fazem os livros, o cinema, o jornal, a televisão etc.. Mas como cada

⁵ Microsoft Word é uma marca registrada da Microsoft Corporation para um editor de textos.

⁶ Ficará claro no capítulo 4 que o termo exato aqui é *representamen*, o primeiro participante da relação triádica que forma o signo e na qual participam também dois outros elementos, o objeto e o interpretante.

mídia, a computacional tem as suas particularidades entre as quais ressalta-se a possibilidade de interação do usuário no meio. Ao invés de escrever o texto de um livro, o designer “escreve” um ambiente, um espaço em que o usuário pode participar interagindo com os elementos que ele “escreveu”.

1.3- A NATUREZA SÍGNICA DO DESIGN ENQUANTO PROCESSO

Quem deseja estudar o design de sistemas computacionais, como nós, deve olhar não só para o sistema computacional mas também e, principalmente, para o design em si mesmo, enquanto os processos, artefatos, técnicas etc. que o compreendem. Afinal, neste caso, o objeto de estudo é o design de sistemas computacionais e não, simplesmente, os próprios sistemas computacionais. A literatura tem explicitado a natureza sígnica dos sistemas baseados em computador mas é omissa em reconhecer a manifestação dos signos e da lógica que os acompanha no design enquanto processo.

É compreensível a razão pela qual isto tem se dado desta forma. Enquanto que a analogia entre os signos lingüísticos e os signos baseados em computador é de certa forma evidente, compreender o design como “signo” exige um entendimento muito mais amplo de signo, coisa que uma Semiótica de tradição lingüística (a Semiologia de Saussure ou a Glossemática de Hjelmslev, por exemplo) ou uma aplicação superficial da Semiótica de Peirce não permitem fazer.

Na seção anterior descrevemos a natureza sígnica dos sistemas computacionais pela analogia dos computadores a outros artefatos que também se manifestam por meio de signos tais como o livro, a televisão, o cinema, o jornal etc.. Uma Semiótica de base lingüística não se restringe à linguagem verbal falada e escrita mas toma esta como modelo para todos os demais sistemas semióticos. Isto é suficiente para reconhecer a natureza sígnica dos sistemas computacionais. Entretanto, uma semiótica de base lingüística é insuficiente para admitir e tratar a natureza sígnica do design enquanto processo. Não nos referimos apenas a certos artefatos associados ao processo de design tal como modelos, os quais são claramente signos para o que representam. Falamos do design como um todo, especialmente do

design enquanto processo. Neste caso, só uma teoria semiótica como a de Peirce pode fornecer a fundamentação de que necessitamos.

Peirce entende signo de uma maneira abstrata o bastante para abranger todo e qualquer fenômeno, seja ele de natureza cósmica, estelar, física, orgânica, celular, psíquica etc., enfim todo e qualquer fenômeno capaz de se enquadrar na relação lógica subjacente ao signo (Santaella, 1995). A definição de signo que demos na seção anterior é instrutiva e amplamente difundida, mas é por demais simples para explicitar claramente a abrangência do conceito de signo para Peirce. No capítulo 4 teremos a oportunidade de discutir melhor este tema. Por ora é suficiente dizer que o signo subentende um processo de **semiose**, processo pelo qual um signo se desenvolve, através de uma dialética entre partes que o constituem, em um outro signo o qual, por sua vez, se transforma num outro signo mais desenvolvido e, assim, *ad infinitum*.

O design de um sistema computacional é um artefato (um plano) que deve continuamente ser modificado, adaptado e que envolve um planejamento enquanto processo para constituição do plano. Se o processo de design fosse uma outra coisa que não um planejamento, um algoritmo, seria determinístico, não seria design. Enquanto planejamento, o design só se resolve num processo dialético que contrapõe continuamente o design (plano, artefato) ao sistema computacional devidamente constituído, envolvido e aplicado dentro do ambiente social do qual faz parte. O design (plano) cria e promove alterações no sistema computacional que, por sua vez, ao ser observado dentro do seu quadro social, permite refinamentos no design e, assim, *ad infinitum*. O plano se revela, formal ou informalmente, através dos modelos que constituem o design, é signo que se resolve numa semiose (o planejamento, processo). Logo, o design tem uma natureza **sígnica**.

Daí é que nesta tese o processo de design que conduz ao estabelecimento de sistemas computacionais, particularmente aqui ambientes virtuais, é pensado e proposto como semiose, a semiose do ambiente virtual.

UNICAMP

BIBLIOTECA CENTRAL

1.4- AMBIENTES VIRTUAISSEÇÃO CIRCULANT⁷

Nos últimos anos a palavra virtual tem preenchido uma boa parte da literatura técnica e da mídia. Um movimento intenso de virtualização está afetando hoje em dia não apenas a informação e a comunicação mas os corpos, a economia, o texto e a inteligência (Lévy, 1996). A palavra virtual vem sendo usada para identificar inúmeras entidades tais como empresa virtual, universidade virtual, ator virtual, vida virtual, museu virtual, medicina virtual, arte virtual, teatro virtual etc..

A palavra virtual vem de *virtuale* que, no latim escolástico, significa aquilo que existe como faculdade, aquilo que é suscetível de realizar, algo que é potencial (Ferreira, 1999). Neste sentido, virtual não se opõe ao real, como de forma enganosa faz parecer. Também não possui nenhuma afinidade com o falso, o ilusório ou o imaginário. Virtual é apenas um certo modo de ser tal como é o real.

O filósofo francês Pierre Lévy descreve o real como o oposto do possível e o virtual como o oposto do atual. Diz ele, *o possível já está todo constituído mas permanece no limbo. ... É um real fantasmático, latente, é tal e qual o real mas falta-lhe a existência. ... Diferente do possível, estático e já constituído, o virtual é como um complexo problemático, o nó de tendências ou de forças que acompanha uma situação, um acontecimento, um objeto ou uma entidade qualquer e que chama um processo de resolução: a atualização* (Lévy, 1996, p. 15-16). A virtualização é o processo inverso da atualização, uma mutação de identidade, um deslocamento na natureza do objeto considerado. Como exemplos, o texto é um objeto virtual, independente de uma mente interpretadora. Ao interpretar uma cópia do texto, o leitor a atualiza. A escrita é a virtualização da memória, o hipertexto é a virtualização do texto, o transplante é a virtualização do corpo, o ciberespaço é a virtualização do computador, uma empresa virtual que serve-se principalmente do teletrabalho é a virtualização da empresa tradicional, a linguagem é a virtualização do presente, a técnica é a virtualização da ação.

Neste sentido, todo sistema computacional constitui-se, em geral, numa virtualização sobre o domínio ao qual se refere. Talvez isto justifique o intenso uso da palavra virtual a sistemas computacionais. Esta tese trata do design de ambientes virtuais e, no entanto, não é a intenção dela abraçar a

potencial totalidade dos sistemas baseados em computador. Aqui “ambiente virtual” está aplicado num sentido mais estreito do que sugere a palavra “virtual”, com significado próprio ao que a literatura de realidade virtual confere ao termo.

Ambientes virtuais, ou sistemas de **realidade virtual**, referem-se a ambientes computacionais que incorporam um certo estilo de interação do ser humano com o computador no qual o ser humano experimenta uma interação egocêntrica, multimodal e tridimensional, estando os seus sentidos imersos no ambiente criado pelo computador.

Diz-se que a interação entre o ser humano e o computador é **egocêntrica** na medida em que, por exemplo, um movimento da cabeça do usuário, o qual implica em mudanças de posição e orientação deste, produz modificações imediatas em todas as modalidades de display (imagem, som etc.) em resposta ao movimento. Este tipo de interatividade com respostas em tempo real às mudanças de posição do usuário distingue os ambientes virtuais daqueles sistemas freqüentemente referenciados na literatura como sistemas multimídia. Em um sistema multimídia a interação do usuário se dá sobre um corpo de *hiperlinks* de texto, gráficos e vídeo previamente gravados, tendo o usuário a possibilidade exercer a sua escolha sobre estes *hiperlinks*. Mas somente escolhas fixas podem ser feitas de forma tal que uma cena só será vista a partir de certos ângulos previamente gravados.

A grande maioria dos sistemas interativos usa tradicionalmente o teclado e um dispositivo de apontamento como entrada e estão restritos a um monitor de vídeo e a um limitado sistema de som como saída. Cada um destes dispositivos de entrada e saída constitui um canal de comunicação do sistema e eles correspondem também a certos canais de comunicação humanos. Cada um destes canais de comunicação para o usuário é dito ser uma modalidade de interação. Um sistema **multimodal** usa múltiplos canais de comunicação combinando voz, apontamento, gestos, movimentos de cabeça e de olhos de uma maneira coordenada (Oviatt, 1999). Os sistemas multimodais modernos contam com uma grande quantidade de uso simultâneo de múltiplos canais de comunicação para entrada e para a saída. Estes sistemas, quando bem projetados, integram modalidades complementares produzindo uma mistura sinérgica na qual as virtudes de

cada modo são capitalizadas para cobrir as fraquezas de outro modo. Tais sistemas são, portanto, potencialmente mais robustos no que se refere à comunicabilidade do que os sistemas unimodais que envolvem troca de signos pertencentes a um só sistema de signos.

Em ambientes virtuais os fenômenos são entendidos e descritos em **três dimensões**. Os modelos, especialmente para imagem e som, são tratados segundo suas componentes espaciais. O usuário pode “movimentar-se” pelo ambiente virtual à medida em que possui, também, uma significativa noção da posição no espaço de uma ou mais fontes emissoras de som (McCarthy e Descartes, 1998).

Imersão diz respeito ao sentimento que os usuários têm de que estão dentro do ambiente criado pelo computador. Não existe uma definição precisa para o conceito de imersão. Veremos na seção 2.5 que imersão é muitas vezes entendida como um sentimento de presença, como engajamento ou como um fenômeno quantificável a partir de medidas, por exemplo, do campo visual permitido pelo sistema de realidade virtual. Independentemente disto tudo, nós desenvolvemos na seção 2.5 uma visão particular do fenômeno da imersão tendo como base a Semiótica de Peirce, entendimento este que não contradiz as diversas descrições do fenômeno na literatura mas que atua como um conceito agregador das diferentes visões.

1.5- ORGANIZAÇÃO DA TESE

Esta tese discute o design da interação em ambientes virtuais e propõe um conjunto de princípios de design, um modelo conceitual para a interação e um método que orienta o design destes ambientes, tendo como pano de fundo a Semiótica de Peirce.

No capítulo 2 nós apresentamos parte do nosso objeto de estudo, os ambientes virtuais, mostramos as suas origens, a tecnologia envolvida e as aplicações atuais destes ambientes. Os conceitos pertinentes a ambientes virtuais são apresentados e, em especial, o conceito de imersão é recriado, tomando como fundamento a Semiótica de Peirce, de uma forma que amplia a visão do fenômeno da imersão ao mesmo tempo em que estabelece um substrato lógico para se pensar sobre realidade virtual. O capítulo se encerra

com uma discussão sobre o problema que motiva esta tese: a interação em ambientes virtuais.

O capítulo 3 é dedicado exclusivamente à definição dos objetivos e descrição da metodologia que orienta os trabalhos desta tese. Como se verá no capítulo 7, a metodologia utilizada também é motivada e tem como suporte a Semiótica de Peirce.

No capítulo 4 nós discutimos a Semiótica e o estado da arte no que se refere a aplicação da Semiótica ao design de interfaces. Embora a opção desta tese tenha sido pela aplicação da Semiótica de Peirce, não poderíamos deixar de discutir também outras vertentes da Semiótica, uma vez que são importantes para o entendimento de vários métodos e técnicas de design de interfaces que delas fazem uso e que são mencionados neste capítulo. Assim, é o caso da Semiótica do contemporâneo Umberto Eco e da Semiologia de Saussure, que ao lado da Glossemática de Hjelmslev, constitui a vertente de origem ligüística da Semiótica.

No capítulo 5, nós desenvolvemos, com base na Semiótica de Peirce, um modelo conceitual para interação em ambientes virtuais e um conjunto de princípios de design que se aplicam aos mesmos. Tendo como base o modelo conceitual e os princípios estabelecidos, nós criamos um método de design da interação em ambientes virtuais e ilustramos a aplicação deste método no design de um ambiente virtual.

A nossa pesquisa foi inicialmente dirigida ao design de interfaces em geral e não, especialmente, a ambientes virtuais. O capítulo 6 representa um retorno à origem da nossa investigação ao discutir as contribuições que o design de ambientes virtuais pode dar a outras classes de software.

No capítulo 7 nós analisamos como o modelo conceitual de interação proposto altera o entendimento tradicional de interface, da interação Humano-Computador e do papel do ser humano em sistemas computacionais. As contribuições do método de design proposto à interação em ambientes virtuais são discutidas. A natureza Semiótica do método de design proposto e da metodologia que orienta esta tese são explicitadas e analisadas do ponto de vista das suas conseqüências. O capítulo termina com conjecturas sobre trabalhos futuros e com um balanço do emprego da

Semiótica, esta ciência que apenas recentemente tem sido aplicada a problemas computacionais, nesta tese.

Dois apêndices suplementam este trabalho. O apêndice A é uma referência sintética ao método de design proposto, possivelmente para ser usado como uma referência rápida por aqueles que desejam praticar este método. Nesta mesma linha, a primeira parte do apêndice B contém uma referência rápida ao uso da primeira versão do TC – *Teatro no Computador*, um software que criamos como parte de nossos esforços para o desenvolvimento das idéias desta tese. A segunda parte do apêndice B descreve o design atual do protótipo TC. A primeira versão do TC, cujo design foi concebido bem no início dos trabalhos desta tese, pode ser contrastada com o design do protótipo atual, desenvolvido segundo o modelo conceitual proposto.

1.6- SOBRE A GRAFIA E O SIGNIFICADO DE ALGUMAS PALAVRAS

Nesta tese nós grafamos em *itálico* as palavras não pertencentes à língua portuguesa. Para fins práticos, entendemos como não pertencentes à língua portuguesa as palavras não encontradas na recente edição revisada e ampliada de Ferreira (1999), o dicionário “Novo Aurélio Século XXI: o dicionário da língua portuguesa”.

Para nossa surpresa, Ferreira (1999) inclui várias palavras que usamos nesta tese e que têm origem na língua inglesa. São elas: *browser, design, designer, desktop, display, feedback, grid, hardware, help, joystick, laser, marketing, mouse, performance, script, software, widget, wysiwyg*. Usamos estas palavras com o significado descrito por Ferreira escrevendo-as com a mesma fonte de letra e nenhum grifo especial, a exemplo do que também fazemos com aquelas tradicionalmente associadas à língua portuguesa.

Há, ainda, um terceiro conjunto de palavras usadas nesta tese que não são referenciadas por Ferreira mas que, contudo, tem um amplo emprego na literatura brasileira de computação ou na literatura que forma o referencial teórico usado. Da mesma maneira como as palavras tidas por Ferreira como pertencentes à língua portuguesa, não usamos nenhum grifo especial a elas e supomos os seguintes significados para as mesmas:

- **Multimodal:** refere-se ao uso de múltiplos canais de comunicação entre o ser humano e uma máquina, os quais podem englobar simultaneamente e de uma maneira coordenada canais de voz, apontamento, gestos, movimentos de cabeça e de olhos, por exemplo.
- **Multisensorial:** uso de mais de uma modalidade sensorial ao mesmo tempo.
- **Renderizar:** restituir, traduzir, fazer uma versão. Nesta dissertação, esta palavra tem um significado mais específico, conotando o ato de representar informações em um meio que possa ser percebido e interpretado pelo ser humano a partir de informações armazenadas em um outro meio que não pode ser percebido ou cuja organização é tal que a interpretação por um ser humano é difícil. Exemplo - renderizar imagem: representar em um monitor de vídeo, HMD, CAVE ou BOOM, imagens em geral armazenadas segundo uma certa estrutura de dados (árvore, grafo etc.).
- **Renderização:** o processo de renderizar.
- **Sígnico:** relativo ou próprio do signo.
- **Unimodal:** uso de um só canal de comunicação entre o ser humano e uma máquina.
- **Usabilidade:** *segundo Nielsen (1993), usabilidade refere-se ao esforço que um usuário de um sistema computacional tem que fazer para operá-lo. Este esforço está associado a cinco atributos: (1) facilidade de aprendizagem do sistema pelo usuário; (2) eficiência do sistema; (3) facilidade de memorização do que o sistema faz e de seus procedimentos de operação; (4) quantidade de erros apresentados pelo sistema; (5) nível de satisfação subjetiva do usuário em relação ao sistema. Nós não fazemos uso deste conceito nos argumentos diretamente relacionados aos objetivos desta tese mas o empregamos na referência a outros trabalhos.*

Capítulo 2

O objeto de estudo, o problema e o estado da arte

- 2.1- Ambientes virtuais – conceitos básicos 19
- 2.2- Tecnologia envolvida 21
- 2.3- Origens e desenvolvimento 30
- 2.4- Aplicações 33
- 2.5- Imersão, sistemas de signos e classes de ambientes virtuais 46
- 2.6- O problema da interação 51
- 2.7- O estado da arte relativo ao design da interação em ambientes virtuais 53

Este capítulo descreve o nosso objeto de estudo, os ambientes virtuais, explicitando o seu estado atual de desenvolvimento e o seu emprego na sociedade moderna. O conceito de imersão de um participante humano em um mundo virtual é fundamental para o entendimento da realidade virtual e se tivéssemos que eleger alguns conceitos chave a esta tese, este seria um deles. Nós propomos neste capítulo um entendimento da imersão sob a luz da Semiótica peirceana, entendimento este que não contradiz a literatura corrente de realidade

virtual mas amplia a visão do fenômeno, fornecendo inclusive um substrato lógico para se pensar sobre realidade virtual. O capítulo se encerra expondo o problema que motiva esta tese e o estado da arte no que se refere às contribuições à solução dele.

2.1- AMBIENTES VIRTUAIS – conceitos básicos

Ambiente virtual, realidade virtual, realismo virtual, mundo virtual, realidade arquitetada, realidade artificial, ambiente sintético e espaço virtual são alguns dos muitos nomes encontrados na literatura para descrever um certo estilo de interação do ser humano com o computador que, como descrevemos no capítulo 1, faz com que o ser humano experimente uma interação egocêntrica, multimodal e tridimensional estando os sentidos do humano imersos no ambiente criado pelo computador.

A despeito das muitas definições de ambientes virtuais encontradas na literatura, Wickens e Baker (1995) descrevem cinco características comuns aos ambientes virtuais:

- *Visão tridimensional em perspectiva ou estereoscópica.*
- *Imagens exibidas dinamicamente (não estáticas, isto é, em movimento).*
- *Interatividade em laço fechado, ou seja, o usuário é um navegador ativo e a sua navegação influi diretamente sobre o que ele vê.*
- *Sistema de imagens ego-referenciadas, isto é, a imagem do ambiente virtual é exibida do ponto de vista do usuário.*
- *Interação multimodal.*

Talvez por simplicidade Wickens e Baker referem-se apenas a sistemas de imagens ego-referenciadas e não a um complexo sistema de signos (visuais, audíveis, táteis etc.) ego-referenciados. No entanto, hoje em dia, mesmo ambientes virtuais modestos oferecem feedback visual e audível ego-referenciados (Tittel *et al.*, 1997; Hartman e Werneck, 1996). Assim, nós preferimos definir os ambientes virtuais através do subjacente estilo de interação que eles incorporam da seguinte forma:

Um ambiente virtual é um ambiente que pressupõe um estilo de interação no qual os sentidos humanos são envolvidos por (ou imersos em) estímulos que são parcialmente ou em grande parte

gerados pelo computador e tais que as imagens e os sons sejam exibidos do ponto de vista de um participante individual, mesmo que ele se movimente dentro do ambiente virtual.

Aqui cabem alguns esclarecimentos adicionais sobre a definição acima, além do que já descrevemos anteriormente.

Veremos na seção 2.5 que a imersão total de um ser humano em um ambiente virtual jamais será atingida. Esta definição explicita este fato na sentença "... estímulos que são parcialmente ou em grande parte gerados pelo computador ..." não se omitindo em relação a este fato como fazem algumas outras definições (Stuart, 1996; Fuchs e Bishop, 1992)¹ e nem caindo na ingenuidade de definições como a de von Schweber e von Schweber (1995)² que conotam ou permitem que se infira a inatingível imersão total. A nossa definição endereça também a existência de ambientes virtuais mais imersivos e outros menos imersivos, explicitando a existência de um contínuo de ambientes virtuais que se distinguem uns dos outros de acordo com propriedade imersão, o que suporta nossos propósitos no desenvolvimento dos argumentos desta tese.

Quando dizemos "as imagens e os sons sejam exibidos do ponto de vista de um participante individual, mesmo que ele se movimente dentro do ambiente virtual" não estamos querendo que o leitor infira a obrigatoriedade do uso de dispositivos de rastreamento da posição do usuário para que consideremos um sistema ser um ambiente virtual. Basta que haja a possibilidade do usuário se movimentar dentro do ambiente ainda que isto seja feito por meio de arraste do mouse, a exemplo do que acontece com alguns sistemas de realidade virtual desktop.

¹ Stuart (1996) define um ambiente virtual como uma interface Humano-Computador que provê um ambiente sintético, tridimensional, multisensorial e imersivo. Fuchs e Bishop (1992) o definem como modelos gráficos tridimensionais interativos e de resposta em tempo real, combinados com uma tecnologia de exibição que confere ao usuário a imersão no modelo e a sua manipulação direta deste.

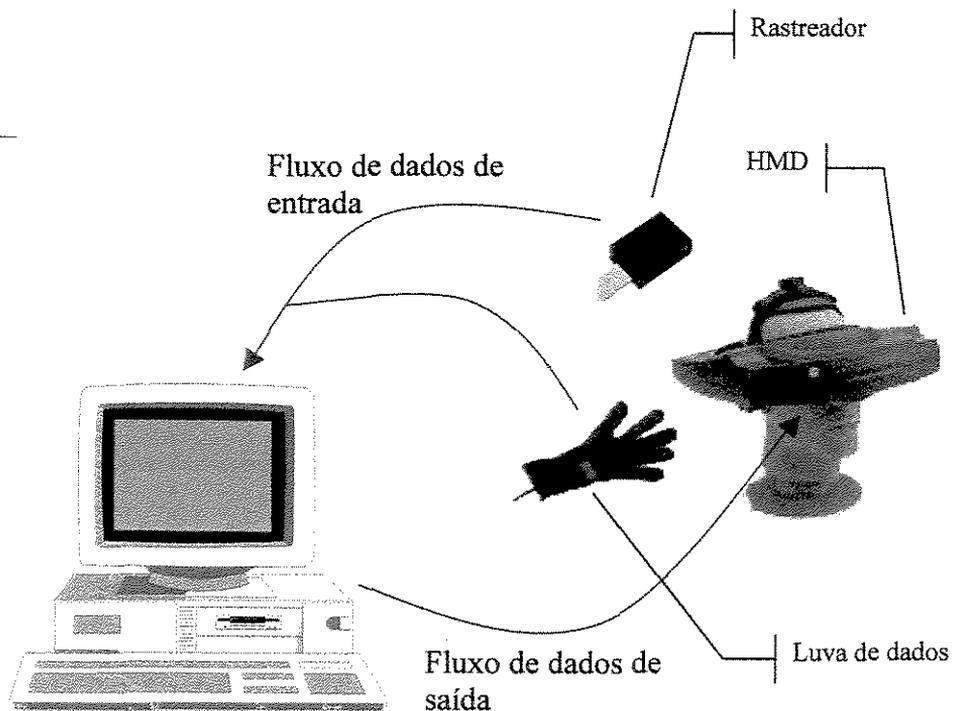
² "A realidade virtual permite que você visualize um mundo em três dimensões em tempo real, com seis graus de liberdade. ... Em essência, a realidade virtual é um clone da realidade física." (von Schweber e von Schweber, 1995, p. 169).

2.2- A TECNOLOGIA ENVOLVIDA

A figura 2.1 ilustra os componentes básicos do laço de interação Humano-Computador necessário a todo ambiente virtual altamente aparelhado. O usuário é equipado com um HMD (*Head Mounted Display*), um rastreador de movimentos e opcionalmente um dispositivo de manipulação (uma luva de dados, um mouse tridimensional etc.). À medida em que o usuário anda ou movimentar a cabeça, os dados relativos a estes movimentos são enviados para o computador por meio dos dispositivos de entrada. O computador processa a informação em tempo real e gera o apropriado feedback, que é enviado de volta ao usuário por meio dos dispositivos de saída. O software executado pelo computador cumpre um importante papel: ele é responsável pelo gerenciamento dos dispositivos de entrada e saída e pela semântica da aplicação. O tempo de execução é um fator crítico para que o usuário se sinta imerso no ambiente virtual.

Figura 2.1

Componentes fundamentais do laço de interação Humano-Computador para um ambiente virtual altamente aparelhado.

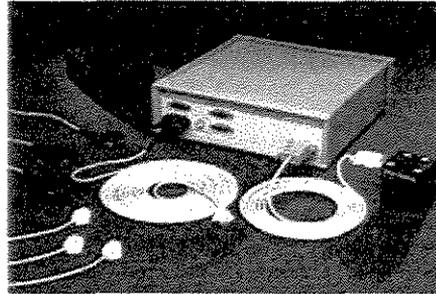


Um sistema de realidade virtual altamente aparelhado deve rastrear no mínimo a posição e a orientação da cabeça do usuário. Em algumas

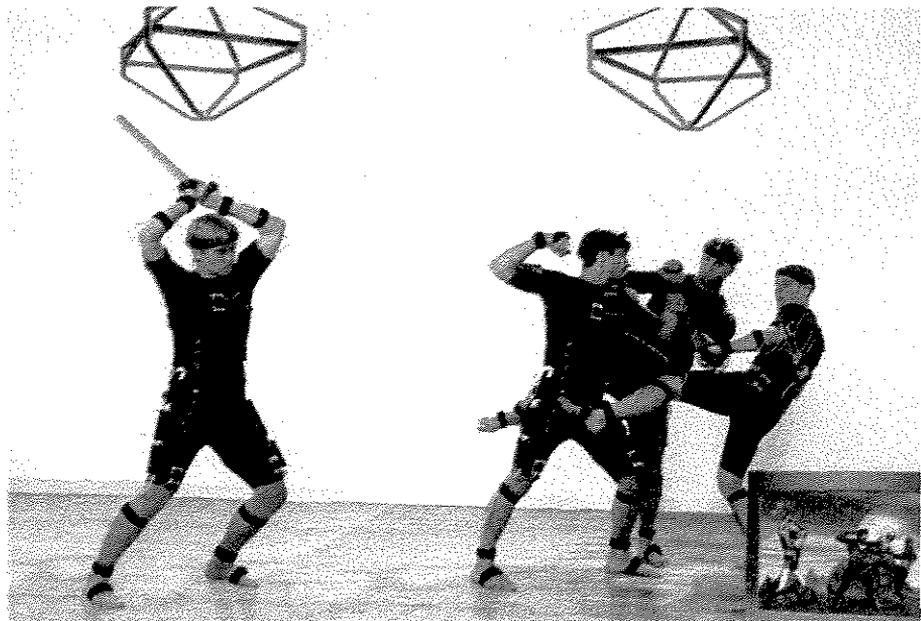
aplicações, outras partes do corpo (mãos, tórax, pernas etc.) devem ser rastreadas. Os rastreadores disponíveis hoje em dia variam segundo o princípio físico subjacente ao seu projeto e podem ser mecânicos, eletromagnéticos, ultra-sônicos e infravermelhos (Perry, Smith e Yang, 1997). A figura 2.2 ilustra um rastreador eletromagnético e um sistema de rastreamento de vários pontos do corpo. Rastreadores de olhos possibilitam a renderização de imagens de acordo com o ponto de vista do usuário permitindo tirar partido de um importante fator humano: a acuidade visual humana varia de acordo com a distância da sua linha de visada. Isto significa que as imagens não necessitam ter a mesma resolução e qualidade em toda a área que está sendo exibida. Objetos distantes da linha de visada podem ser representados grosseiramente porque o usuário não irá notá-lo em todos os seus detalhes. Isto pode diminuir o custo da renderização (Funkhouser e Sequin, 1993).

Figura 2.2

(a) um rastreador eletromagnético (unidade eletrônica, transmissor e receptores) e (b) um sistema para rastreamento de vários pontos do corpo (Polhemus, 1999).



(a)



(b)

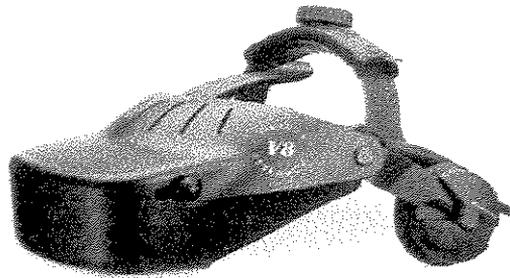
Diferentes tipos de sistemas de realidade virtual usam diferentes tipos de visores como saída. Sistemas menos aparelhados usam somente um monitor de vídeo enquanto que outros sistemas podem usar enormes salas de projeção.

HMDs (*Head Mounted Display*) são dispositivos que incorporam pequenos tubos de raios catódicos (CRT) ou visores de cristal líquido (LCD) na frente dos olhos e são sustentados pela cabeça do usuário (figura 2.3). As imagens são apresentadas baseadas na posição e orientação do usuário, medida por um rastreador de movimentos. Uma vez que HMDs são montados na cabeça do usuário, eles cumprem severos requerimentos ergonômicos os quais

comprometem a qualidade e custo dos mesmos (Mazuryk e Gervautz, 1996). Os HMDs podem ser opacos ou não, conforme eles permitem ao usuário ver ou não o mundo real. Os HMDs não opacos superpõem as imagens geradas pelo computador com as imagens do mundo real e são utilizados em sistemas de realidade aumentada. Na seção 2.4 apresentamos exemplos de aplicações da realidade aumentada.

Figura 2.3

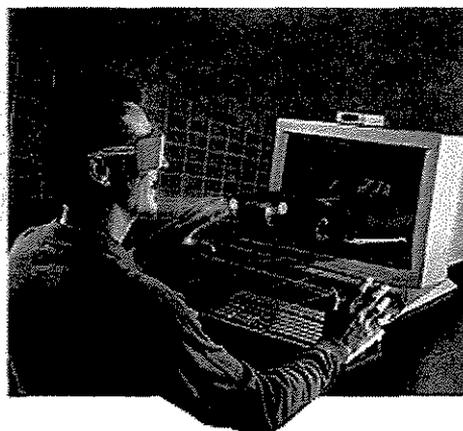
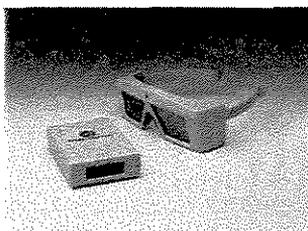
*HMD
(Virtual
Research,
1999).*



Os óculos com filtros para o vermelho e o verde são uma alternativa simples e de baixo custo para criar a sensação de terceira dimensão a partir de uma única imagem impressa ou exibida convenientemente em verde e vermelho (Newquist, 1995). Seguindo o mesmo princípio destas técnicas simples, óculos obturadores foram desenvolvidos para criar imagens em terceira dimensão a partir de imagens projetadas em um monitor de vídeo (Vince, 1998). Estes óculos obturam alternativamente, a uma certa frequência, a visão dos olhos esquerdo e direito e, de forma sincronizada, o monitor de vídeo projeta imagens da mesma cena para serem vistas pelos olhos esquerdo e direito, “filmadas” por ângulos diferentes (figura 2.4).

Figura 2.4

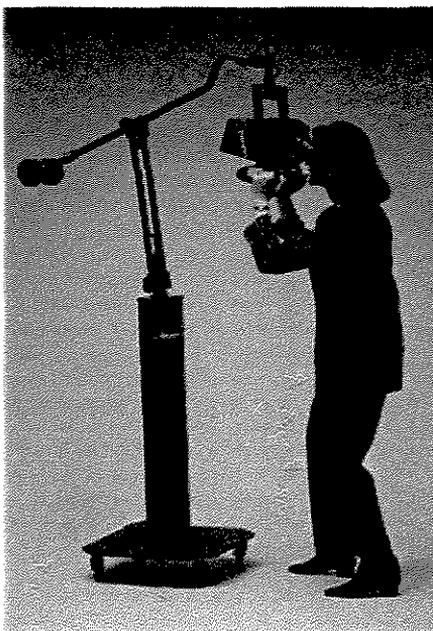
*Óculos
obturador
Crystal Eyes
(Stereographics,
1999).*



BOOM (*Binocular Omni Oriented Monitors*) é uma alternativa quando se quer alta resolução de imagem. BOOM permite visão estereoscópica por meio de um par de visores CRT montados sobre uma estrutura que também atua como um rastreador de posição e orientação mecânico (figura 2.5).

Figura 2.5

*BOOM
(Fakespace,
1999).*

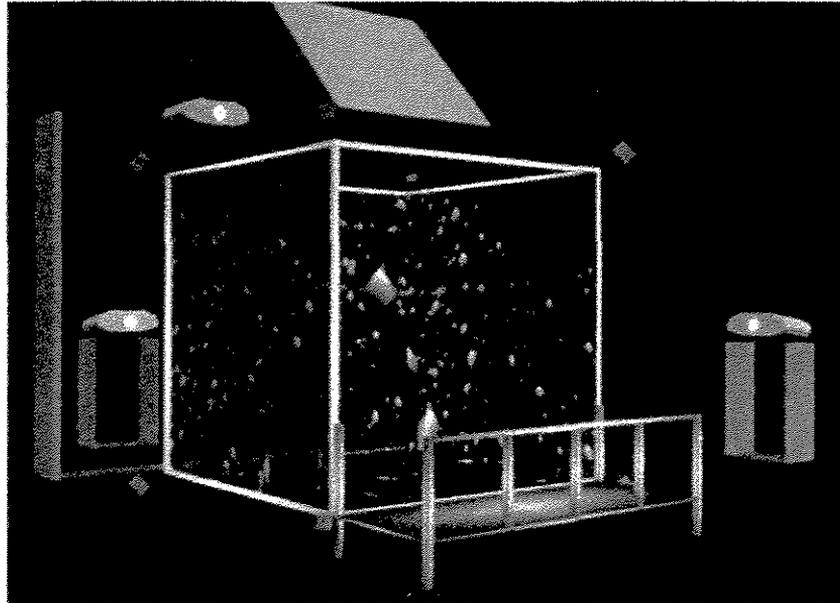


A projeção em um dado ambiente é uma outra maneira de se conseguir a sensação terceira dimensão. Um CAVE (*Cave Automatic Virtual Environment*) é uma sala de projeção onde a imagem é produzida a partir de um conjunto de projetores (figura 2.6-a). Dentro do CAVE o usuário é

equipado com um rastreador para a cabeça e com óculos obturadores, o que lhe permite uma visão estereoscópica (figura 2.6-b). Os CAVEs oferecem não só a melhor imagem mas também um grande campo de visão. Em contrapartida, são caros, grandes, não portáteis, frágeis e requerem configurações precisas do hardware (Mazuryk e Gervautz, 1996).

Figura 2.6

(a) Componentes de um CAVE e
(b) um usuário imerso em um CAVE
(Pyramide, 1999).



(a)



(b)

Mesas virtuais têm a sua superfície de projeção constituída de vidro ou de plástico. Dentro da mesa, um projetor projeta a imagem de um ambiente virtual alternando a uma certa freqüência imagens para serem vistas pelo olho esquerdo e direito. Com o auxílio de óculos obturadores e de um

rastreador obtém-se uma visão tridimensional do ambiente virtual (figura 2.7).

Figura 2.7

*Uma mesa
virtual
(Fakespace,
1999).*



O som dos ambientes virtuais em geral é produzido por fones de ouvido (*headphones*) acoplados ao HMD (figura 2.3). Sistemas desktop em geral usam som monaural e isto em geral é suficiente. Em sistemas de realidade virtual sons tridimensionais são utilizados para simular a distância, a intensidade e a direção da fonte emissora do som assim como características materiais e geométricas do ambiente.

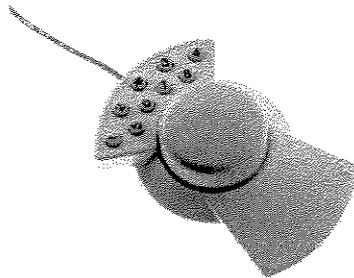
Os dispositivos comercialmente disponíveis para entrada manipulada são os mouse tridimensionais, os joysticks e as luvas de dados. Um mouse tridimensional (figura 2.8-a) é um dispositivo para ser segurado pela mão, contendo um rastreador e alguns botões e é usado para navegar e pegar objetos no ambiente virtual. As luvas de dados (figura 2.8-b) são dispositivos para a entrada tridimensional que detectam os ângulos de junção das partes dos dedos. As luvas de dados permitem uma interação mais rica do que os mouses tridimensionais porque gestos podem ser reconhecidos como instâncias expressivas. As luvas de dados são muitas vezes equipadas com rastreadores de posição e orientação. Alguns sistemas de realidade virtual são montados, apenas, com dispositivos bidimensionais para entrada de

dados (mouse em geral). Nestes casos, para permitir que o usuário manipule objetos tridimensionais, widgets são incorporados no ambiente virtual para este fim.

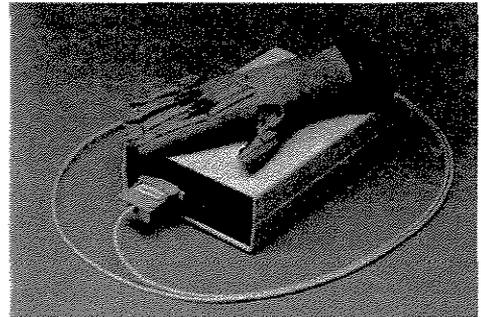
As sensações percebidas pelo contato podem ser divididas em dois grupos: as cinestésicas que se referem às forças sentidas pelos músculos e tendões, e as táteis que incluem a sensação do toque, da temperatura, da textura e da pressão sobre a superfície da pele. Algumas luvas oferecem feedback tátil na forma de pequenos simuladores de vibração sobre cada dedo e sobre a palma da mão. Alguns joysticks também vibram e se opõem ao movimento em uma certa direção para indicar, por exemplo, uma colisão. Alguns exoesqueletos (Figura 2.8-c) oferecem muita destreza por meio de seus sensores e também feedback de força. A tecnologia atual, no entanto, está muito longe de conseguir prover toda gama de possibilidades sensoriais da pele (Mazuryk e Gervautz, 1996). A tecnologia consegue gerar a sensação de toque sobre uma certa superfície mas não permite que se reconheça a sua estrutura.

Figura 2.8

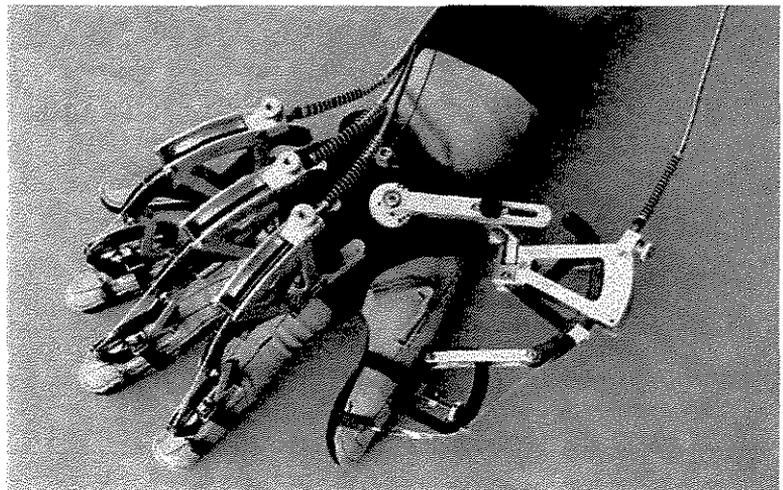
(a) um mouse tridimensional (Logitech, 1999),
 (b) uma luva de dados e (c) um exoesqueleto (Virtual Technologies, 1999).



(a)



(b)



(c)

2.3- ORIGENS E DESENVOLVIMENTO

Provavelmente a mais importante fonte precursora dos ambientes virtuais foram os simuladores de veículos, primeiramente os simuladores de vôo e depois os simuladores de automóveis e navios (Ellis, Bergault e Wenzel, 1997). As dificuldades de controle destes veículos requerem operadores bem treinados. Uma vez que a aquisição deste treinamento em veículos reais é cara e perigosa, sistemas que simulam a geometria e a dinâmica destes veículos há muito tempo são construídos. Stuart (1996) cita que os primeiros simuladores para este fim, construídos na década de 30, possuíam painéis de instrumentos completamente funcionais montados em caixas de madeira suspensas por plataformas móveis. O usuário sentava-se dentro destas caixas de madeira e podia pilotar o simulador usando os controles presentes no painel de instrumentos. A plataforma móvel podia inclinar-se ou mover-se em resposta aos comandos do usuário. Estes primeiros simuladores atuavam como um capuz que vedava o usuário dos estímulos provenientes do ambiente externo mas eles não possuíam nenhum display visual ou sonoro e permitiam ao usuário “voar” somente por meio de instrumentos. Na década de 50 os simuladores de vôo passaram a usar câmaras de vídeo suspensas sobre maquetas de aeroportos (Pimentel e Teixeira, 1993) e as imagens de vídeo eram apresentadas ao usuário à medida em que ele fazia manobras.

Um outro importante precursor dos ambientes virtuais modernos é o Simulador Sensorama, desenvolvido por Morton Heilig no final da década de 50 (Mazuryk e Gervautz, 1996; Stuart, 1996). Ele oferecia ao usuário uma experiência tridimensional multisensitiva, incluindo um largo campo de visão estereoscópico com imagens de projetores adjacentes, som estéreo, odores, movimentos limitados (o usuário sentia vibrações) e vento. O Sensorama, contudo, carecia de interatividade para ser considerado um ambiente virtual nos dias de hoje.

Em meados da década de 60, Ivan Sutherland desenvolveu o primeiro sistema que combinava rastreamento de posição, um capacete de visão (HMD) estéreo e um sistema que criava para o usuário um ambiente virtual, embora simples. Sutherland, considerado por muitos o pai dos ambientes virtuais modernos (Cadoz, 1997; Mazurik e Gervautz, 1996; Stuart, 1996), tinha a visão dos ambientes virtuais modernos como é demonstrado por seu clássico artigo *The Ultimate Display* (Sutherland, 1965).

Quase ao mesmo tempo em que Sutherland realizava as suas experiências, Myron Kruegler criava, na década de 70, o VIDEOPLACE (Ellis, 1991). Este sistema usava vídeo para capturar as silhuetas dos usuários, processava estas imagens e, por meio de detecção de contornos, permitia aos usuários interagirem com um ambiente virtual projetado em uma grande tela, por exemplo tocando um certo objeto. Krueger chamou a este sistema de **realidade artificial**. Sistemas de realidade artificial contudo não provêm representação estereoscópica nem visão egocêntrica mas eles possuem como principais vantagens o fato de não requererem o uso de equipamentos que podem gerar incômodo (luvas, capacetes de visão etc.) e permitem que o corpo inteiro do usuário interaja no mundo virtual.

A década de 80 foi marcada pelo desenvolvimento de sistemas de realidade virtual de baixo custo montados a partir de dispositivos eletrônicos encontrados facilmente no mercado. O sistema VIEW (*Virtual Interface Environment Workstation*), criado pela NASA, é talvez o grande representante deste esforço. O sistema VIEW incorporava um capacete de visão com rastreador de posição, uma luva que permitia ao usuário interagir no ambiente virtual pela imagem gráfica da sua mão e um sistema de reconhecimento de voz para a entrada.

Outras tecnologias específicas merecem citação neste sintético histórico dos ambientes virtuais (Mazuryk e Gervautz, 1996; Ellis, 1991). (1) O GROPE, primeiro protótipo de dispositivo para feedback de força, desenvolvido em 1971. (2) O VCASS (*Visually Coupled Airbone Systems Simulator*), um avançado simulador de vôo desenvolvido pela força aérea americana em 1982. O piloto usava um capacete de visão que enriquecia a saída com informações de gráficos descrevendo o destino ou informações sobre rotas ótimas de vôo. (3) O VPL, o primeiro sistema de realidade virtual comercial, produzido pela companhia VPL em 1988. (4) O projeto *UNC Walkthrough* da Universidade da Carolina do Norte que na segunda metade dos anos 80 desenvolveu uma aplicação para arquitetura e aprimorou a qualidade de diversos dispositivos como capacetes de visão e rastreadores óticos. (5) O túnel de vento virtual desenvolvido pela NASA no início da década de 90 e que permitiu a investigação de fenômenos no campo da mecânica dos fluidos. (6) O CAVE, apresentado em 1992. (7) Os AR (*Augmented Reality*), uma tecnologia que apresenta o ambiente virtual como meio de enriquecer o

mundo real ao invés de substituí-lo. Isto pode ser conseguido, por exemplo, por meio de capacetes de visão que permitem ver através dele e que superpõem a visão tridimensional de objetos do ambiente virtual com os objetos reais.

A década de 90 foi marcada pelo desenvolvimento de novos dispositivos para interação, aprimoramento dos dispositivos existentes e pelo desenvolvimento de soluções para ambientes virtuais multiusuário. O desenvolvimento das redes de computadores tem levado ao estudo e desenvolvimento de soluções para ambientes virtuais distribuídos (Zyda e Macedonia, 1994; Blau *et al.*, 1992), ambientes virtuais para trabalho cooperativo (Benford *et al.*, 1995; Broll, 1997), interação médica em ambientes virtuais distribuídos (Cockayne *et al.*, 1999), software para comunicação através de ambientes virtuais (Damer, 1998), aplicações para entretenimento em grupo (Bartlett, Simkin e Stranc, 1996).

O advento dos computadores pessoais de alta performance gráfica tem possibilitado também o desenvolvimento de alternativas para ambientes virtuais desktop de baixo custo. Nos últimos anos os ambientes virtuais tem se tornado disponíveis para muitas pessoas a partir da criação e aprimoramento da VRML³ (*Virtual Reality Modeling Language*) (Arun e Ganguly, 1999; Tittel *et al.*, 1997; Lemay, Murdok e Couch, 1996). A VRML tem possibilitado não só a chamada **realidade virtual desktop** mas também a publicação de mundos virtuais na Internet. A interação de vários usuários ao mesmo tempo em mundo virtual VRML baseado na Internet já é possível hoje em dia através de programação extensiva e será feita naturalmente por browsers que suportarão a próxima versão da especificação ISO da VRML (Carson e Clark, 1999; Luttermann e Grauer, 1999).

Novas técnicas para a interação física do ser humano com o computador estão sendo estudadas: processamento de sinais biológicos e controle através de sensores conectados diretamente no sistema nervoso (Lusted e Knapp, 1996) e projeção de imagens diretamente na retina por meio de raios laser (Tidwell *et al.*, 1995). Novos campos de estudo têm surgido ou se

³ Ferramentas para desenvolvimento de ambientes virtuais modernas permitem ao programador fazer uso automaticamente de muitos conceitos da Física: gravidade, colisão etc..

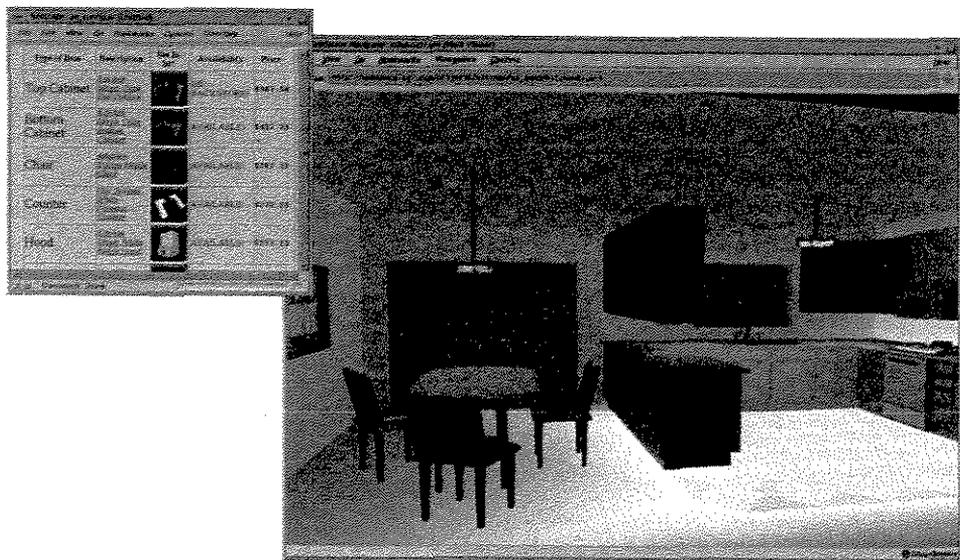
desenvolvido a partir da popularização e da possibilidade tecnológica de desenvolvimento de ambientes virtuais de baixo custo e estáveis: vida artificial, que se refere às técnicas para recriar organismos e criaturas vivas (Kelly, 1997; Thalmann e Thalmann, 1994); o estudo dos fundamentos estéticos para uso dos computadores para expressão criativa na língua, música, arte visual etc. (Hein, 1998; Holtzman, 1994). O estudo da interação do ser humano no ambiente virtual de uma forma mais abrangente tem sido realizada especialmente a partir da segunda metade da década de 90.

2.4- APLICAÇÕES

Ambientes virtuais têm o potencial de modificar radicalmente a forma como seres humanos interagem com o computador (Snowdon, West e Howard, 1993). Arquitetos sempre usaram plantas para mostrar aos seus clientes como a construção ficará. Com o uso de ambientes virtuais os clientes podem passear pela edificação percorrendo os seus corredores, subindo escadas, abrindo portas e apreciar cada detalhe antes da construção ser implementada de uma forma muito mais concreta do que as plantas arquitetônicas permitem.

Figura 2.9

Um toolkit para modelagem de cozinhas.

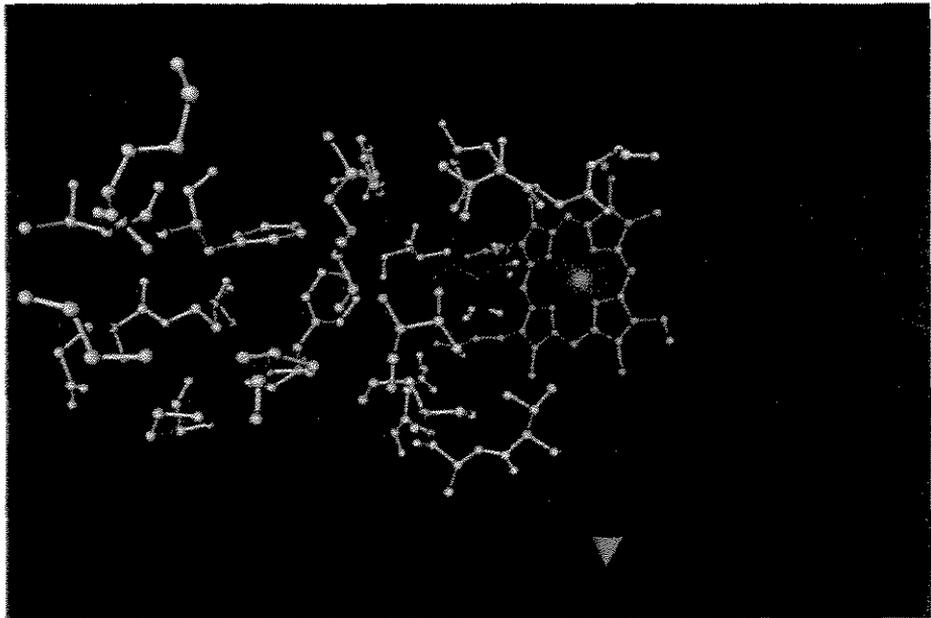


A modelagem digital de manufaturas é um campo novo que aplica as técnicas da realidade virtual para que se possa desenvolver e interagir com modelos tridimensionais de forma muito parecida como interagimos com objetos do mundo físico (Sgi, 1999). O objetivo da modelagem digital é reduzir o custo e o tempo da manufatura ao mesmo tempo em que favorece a inovação e a criatividade. Com a modelagem digital, o design pode ser otimizado antes que alguma coisa física seja construída. A figura 2.9 mostra um *toolkit* comercial para o design de cozinhas juntamente com um banco de dados das peças com seus custos, dimensões e disponibilidade de entrega (Hartman e Werneck, 1996).

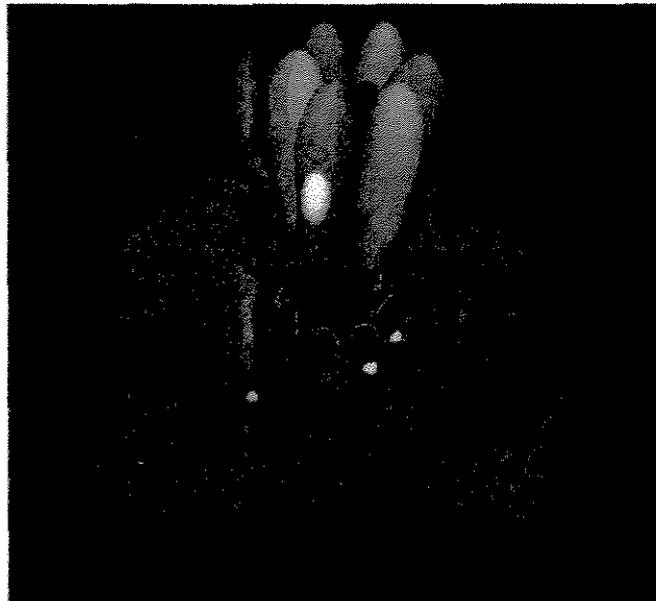
Uma outra disciplina em que a realidade virtual vem sendo empregada é a visualização científica. A inspeção de um grande volume de dados, quando representados em três dimensões, é em geral fácil de ser feita. Ou ainda, objetos invisíveis podem ser representados de forma visível de maneira que se possa vê-los e estudá-los. A figura 2.10-a mostra um modelo de uma enzima, a *cytochrome P450*, que tem sido usada na pesquisa do câncer e a figura 2.10-b apresenta uma cena de um modelo animado para a síntese do ATP.

Figura 2.10

(a) modelo para uma enzima e (b) um modelo animado para a síntese do ATP.



(a)



(b)

State e seus colegas (1994) descrevem uma aplicação de um sistema de realidade aumentada a problema de visualização médica. Especificamente

eles estão usando imagens de ultra-som ecográfico e um HMD que permite ver através dele para permitir ao médico ver dentro do paciente (figura 2.11).

Figura 2.11

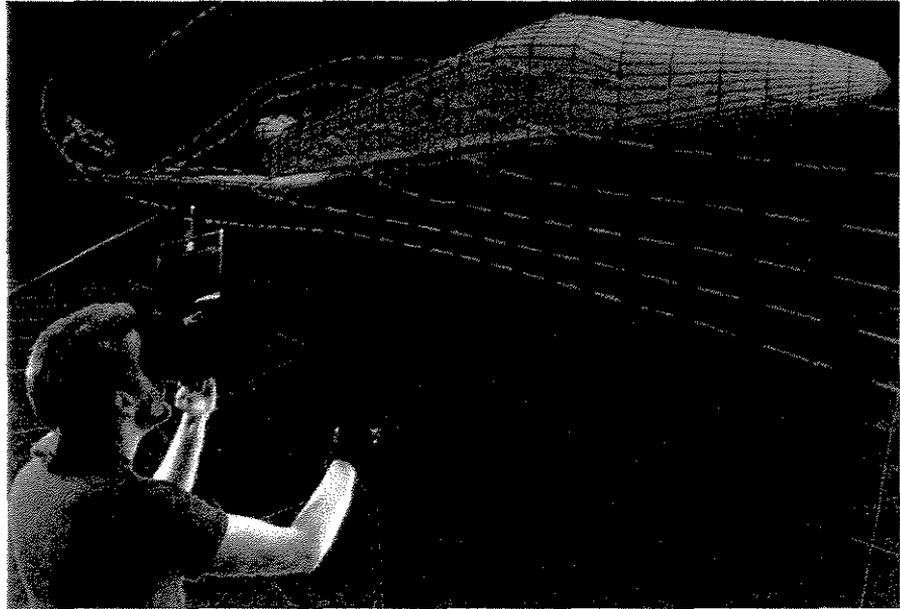
Um sistema de realidade aumentada permitindo a visualização de um feto.



Talvez o exemplo mais famoso de aplicação da realidade virtual para visualização de fenômenos seja o Túnel de Vento Virtual desenvolvido pela NASA (Mazuryk e Gervautz, 1996; Newquist, 1995). Um túnel de vento real é usado em geral para investigar padrões de movimento e pressão do ar para, por exemplo, descobrir os lugares onde as turbulências se formam quando aeronaves ou outros objetos são submetidos à ação do vento. No Túnel de Vento Virtual (figura 2.12) o ar é representado de forma visível e um engenheiro tem a possibilidade de usar uma luva e um BOOM para manipular o modelo de uma aeronave. As vantagens deste tipo de visualização são convincentes. Ela pode ser utilizada para modelar formas complexas como aeronaves sem requerer o custo da construção de modelos de madeira reais. Outros trabalhos relatam aplicações da realidade virtual para visualização de superfícies de planetas, das condições dinâmicas sobre estas superfícies, visualização de reações químicas.

Figura 2.12

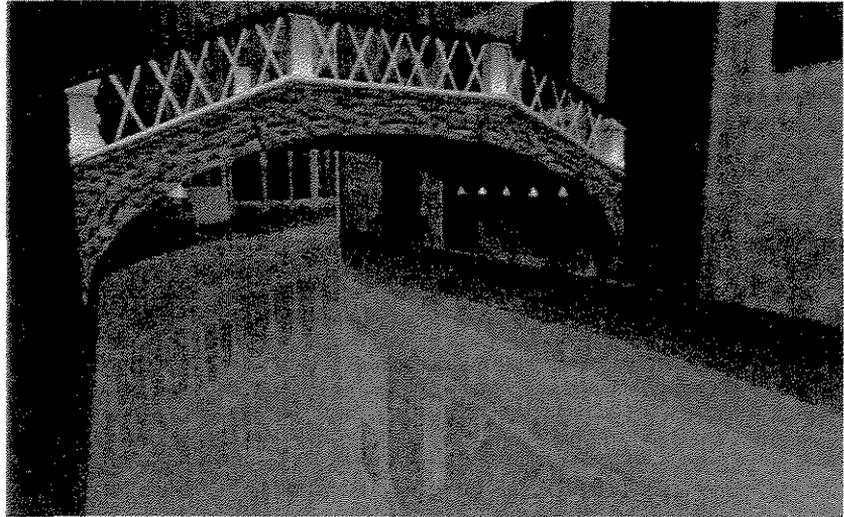
O Túnel de Vento virtual
(Newquist, 1995).



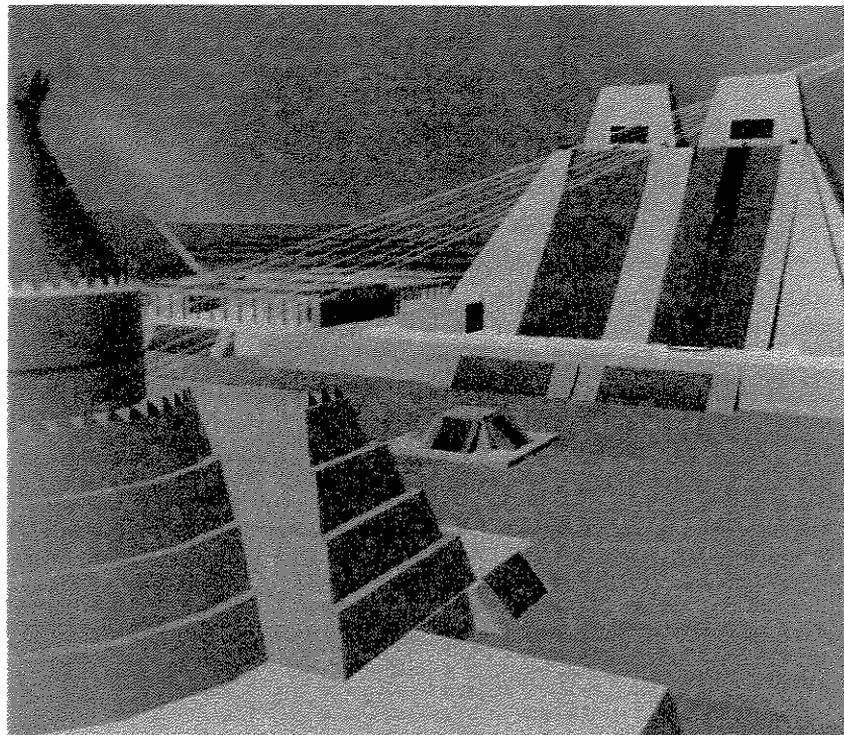
Tendo como objetivo o Turismo, a Educação ou a História, a realidade virtual tem sido utilizada para modelar cidades inteiras. A figura 2.13-a mostra uma cena de uma Veneza virtual (Vince, 1998). Outro exemplo disto é Tenochtitlán (figura 2.13-b), capital Asteca, erguida sobre o vale do México, onde está hoje a cidade do México. A partir dos relatos de Hernán Cortés, espanhol que por lá chegou em 1519, e de recentes escavações na cidade do México, Tenochtitlán foi reconstruída em um ambiente virtual. O usuário pode andar pelas ruas de Tenochtitlán, observar as suas pirâmides, templos, lagos, pesquisar as lendas e os costumes de seu povo e assistir a rituais de sacrifício ao som de tambores.

Figura 2.13

Cidades virtuais: (a) uma Veneza virtual e (b) Tenochtitlán, capital Asteca, provavelmente como ela era no ano de 1519.



(a)



(b)

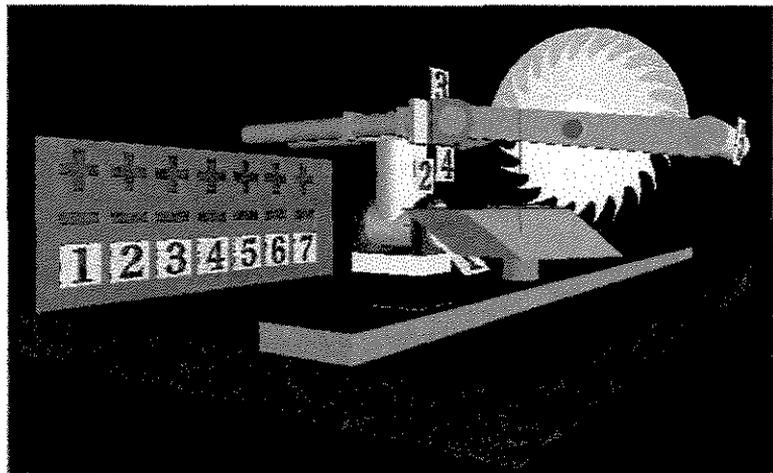
Aplicações industriais da realidade virtual incluem treinamento, visualização de conceitos de engenharia, avaliação das condições ergonômicas, visualização de protótipos, simulação da montagem de produtos, análise de

estresse, simulação do processo de manufatura e desenvolvimento colaborativo de um produto. Um problema comum a qualquer indústria é a reorganização de uma fábrica. Este é um processo complexo que envolve parâmetros de otimização tais como eficiência na produção, facilidade de acesso a máquinas, condições de saúde, segurança etc.. A natureza tridimensional do problema torna-o difícil. A realidade virtual tem possibilitado uma visualização detalhada do processo de produção da indústria e tem sido usada como ferramenta para modelagem do processo de produção bem como para treinamento (Vince, 1998).

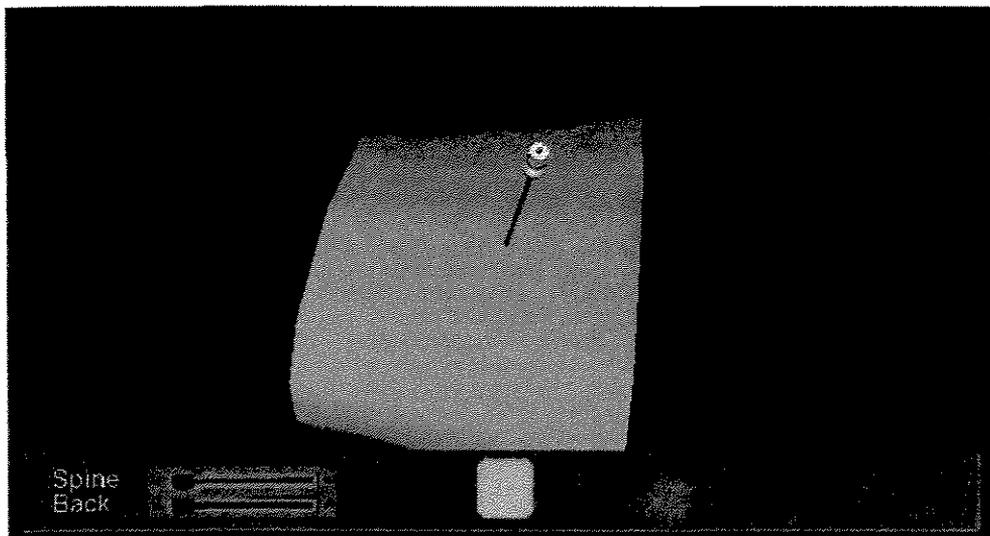
Os simuladores são hoje em dia peças importantes do processo de treinamento em muitos setores incluindo pilotagem de aeronaves, trens, veículos militares e navios, o trabalho em torres de controle de tráfego aéreo, usinas nucleares, cirurgias etc.. As figuras 2.14-a e 2.14-b ilustram respectivamente um simulador de uma serra empregado no treinamento de trabalhadores da indústria moveleira e um simulador de punção na coluna vertebral, para treinamento de médicos.

Figura 2.14

(a) um simulador para uma serra e (b) um simulador de punção dorsal.



(a)



(b)

A realidade virtual tem sido empregada também no treinamento cirúrgico, simulando parcialmente certos órgãos ou o corpo inteiro. Cirurgias minimamente invasivas tem por objetivo diminuir o trauma pós-operatório do paciente por tornar as incisões tão pequenas quanto for possível. As incisões são reduzidas a quase, apenas, o diâmetro dos instrumentos cirúrgicos e de um endoscópio. Por causa disto, o cirurgião não vê nem atua diretamente sobre o campo cirúrgico mas o faz por meio de instrumentos teleoperados. É exatamente aí que a realidade virtual está sendo aplicada:

por um lado, fornecendo tecnologia para a teleoperação e por outro possibilitando o desenvolvimento de simuladores para treinamento cirúrgico.

O medo excessivo de objetos ou situações é uma desordem psicológica que pode reduzir a qualidade de vida. O tratamento por exposição dessensibilizadora tem se mostrado efetiva para um grande conjunto de fobias, incluindo a fobia por aranhas (Hoffman, 1999; Carlin, Hoffman e Weghorst, 1997). Este tipo de tratamento é baseado na exposição gradual e sistemática do paciente ao objeto ou situação causadora do medo. Pouco a pouco, o medo decresce e torna-se mais confortável. O HITLab (*Human Interface Technology Laboratory*) da Universidade de Washington tem utilizado sistemas de realidade virtual altamente aparelhados no tratamento de aracnofobia aguda. Uma vantagem dos sistemas de realidade virtual sobre tratamentos clássicos de aracnofobia é a liberdade do paciente e do terapeuta no controle dos estímulos do objeto ou situação que causa o medo. Diferente das aranhas reais, as aranhas virtuais obedecem a comandos, podem ser colocadas em várias posições e orientações pelos pacientes e podem ser tocadas sem perigo (figura 2.15).

Figura 2.15

Ambiente virtual utilizado na terapia de aracnofobia.

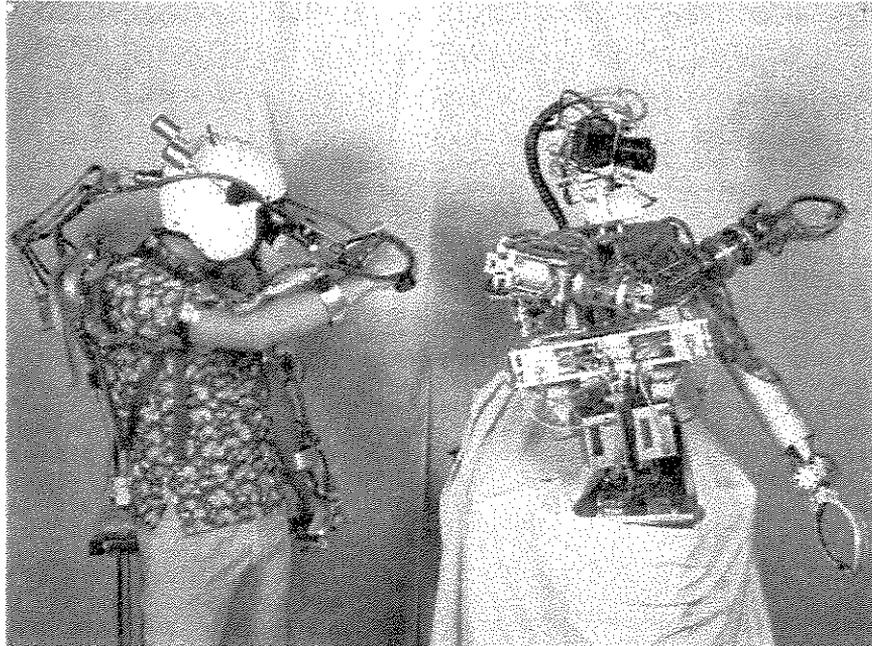


Enquanto o objetivo da telerobótica é a operação autônoma, a supervisão por um operador humano é requerida em muitos casos. O termo **telepresença** refere-se à tecnologia que permite pessoas operarem em ambientes remotos, em geral perigosos, insalubres ou inatingíveis, por meio de interfaces de realidade virtual. A figura 2.16 ilustra um sistema de telepresença. Taylor *et al.* (1993) descreve um sistema que usa um HMD e um dispositivo de feedback de força para permitir a um pesquisador ver e manipular a superfície de uma amostra em um microscópio. Uma característica importante deste sistema é a transformação de escala: o movimento e a força aplicada pelo usuário são reduzidos por um fator de até 10^{-9} conferindo

maior precisão às manipulações. Idéias semelhantes estão sendo usadas também em cirurgias minimamente invasivas.

Figura 2.16

Um sistema de telepresença (SSCSD, 1999).



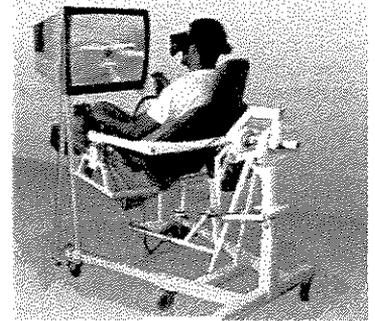
A recente diminuição do custo dos recursos empregados na realidade virtual e o advento de soluções para computação pessoal tem fomentado o desenvolvimento de ambientes virtuais para entretenimento. Por exemplo, Dream Glider e Sky Explorer (Dreamality, 1999) são desenvolvidos para PC e permitem ao piloto experimentar a sensação de voar, respectivamente, em uma asa-delta ou em um ultraleve (figura 2.17 a, b, c). Os dois sistemas podem ser conectados em rede de tal forma a permitir vôos conjuntos e manobras coordenadas. As aventuras compreendem várias experiências diferentes incluindo vôos sobre ilhas, cidades, florestas, vulcões, lugares pré-históricos, desfiladeiros etc.. Outras soluções (figura 2.17 d, e, f) menos aparelhadas incluem simuladores para corridas, como o Grand Prix II, jogos de estratégia como o Civilization II, no qual o jogador constrói uma civilização e tem a chance de estender os seus domínios através da diplomacia e da guerra (Microprose, 1999) e jogos de Futebol (Easports, 1999). Simuladores para entretenimento têm tido um grande sucesso comercial também nos parques temáticos, onde um conjunto de pessoas experimentam ao mesmo tempo aventuras em um ambiente virtual.

Figura 2.17

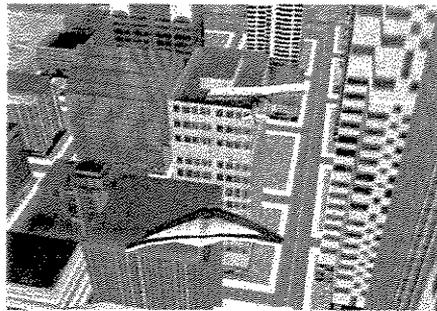
Sistemas para entretenimento:
(a) *Dream Glider*, (b) *Sky Explorer*, (c) *Dream Glider* e *Sky Explorer* voando sobre uma cidade, (d) *Civilization II*, um jogo de estratégia, (e) *Grad Prix II* (corrida de Fórmula I). (f) *Fifa 2000* (Futebol).



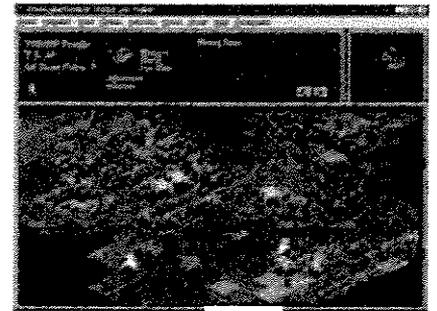
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Vida virtual é um novo campo baseado na Biologia e que objetiva criar ambientes que modelam a vida, estabelecendo entidades autônomas como plantas, animais e humanos dentro de um ecossistema virtual (Thalman e Thalman, 1994). Este novo campo inclui, entre outras coisas, o estudo das relações cooperativas/simbióticas entre organismos (Singh e Serra, 1994), o desenvolvimento de organismos multicelulares a partir de uma única célula (Mange e Stauffer, 1994), princípios e métodos topológicos para simulação da metamorfose (Françon e Lienhardt, 1994) e condições necessárias para

sintetizar a consciência (Aleksander, 1994). A figura 2.18 mostra uma floresta virtual.

Figura 2.18

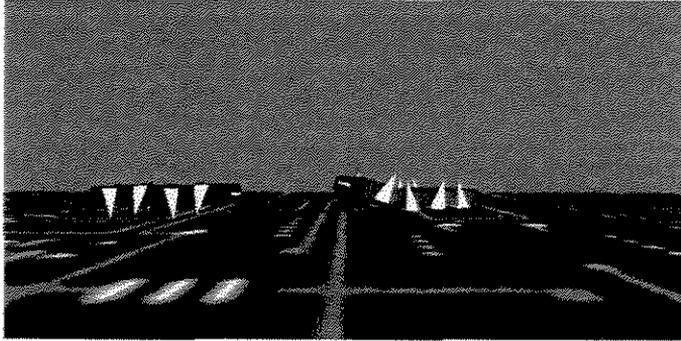
Uma floresta virtual
(Thalman e Thalman, 1994).



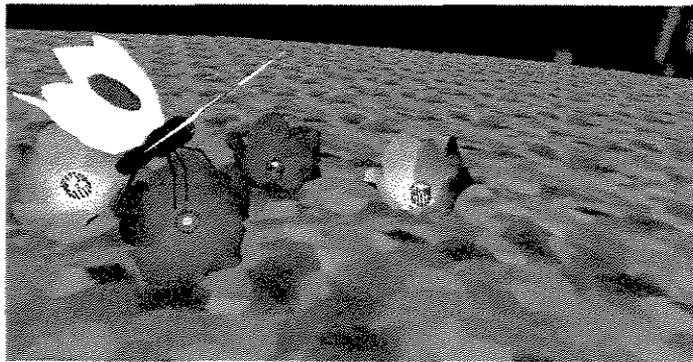
A possibilidade de interação com a peça artística e a imersão criam uma nova mídia artística na qual o observador pode experimentar a obra sob vários pontos de vista diferentes enquanto sente-se no lado de dentro da mesma, fazendo parte dela. Estar na obra e não apenas observá-la, andar pela obra agindo sobre ela e não somente contemplá-la passivamente, sentir-se integrando-a assim como integramos o mundo, a arte que está no mundo, o mundo que é arte. *Data Commandos* (figura 2.19-a) é a estória de agentes inteligentes, *chips* Nonentium Bug AR 986, com propósitos ofensivos e capazes de ultrapassar *firewalls* usando algoritmos mutáveis de forma aleatória. Estes agentes são especializados na busca de informações seguras. Eles desativam qualquer agente de defesa e são capazes de se defender do ataque de todos tipos conhecidos de caçadores de recompensa e de minas computacionais. *A Journey Through Cyberspace* (figura 2.19-b) apresenta um mundo habitado por criaturas virtuais. *Place Holder* (figura 2.19-c), de Brenda Laurel e Rachel Strickland, *traz-nos de volta para terra, para esta terra, e não para algum ciberespaço extraterreno. ... ajuda-nos a meditar sobre a existência terrena, vestindo-nos com corpos virtuais de criaturas como serpente, corvo, aranha e peixe* (Hein, 1998, p. 69).

Figura 2.19

Ambientes virtuais com fins artísticos: (a) Data Comandos (Virtuum, 1999), (b) A Journey Through Cyberspace (Virtuum, 1999) e (c) Place Holder de Brenda Laurel e Rachel Strickland.



(a)



(b)



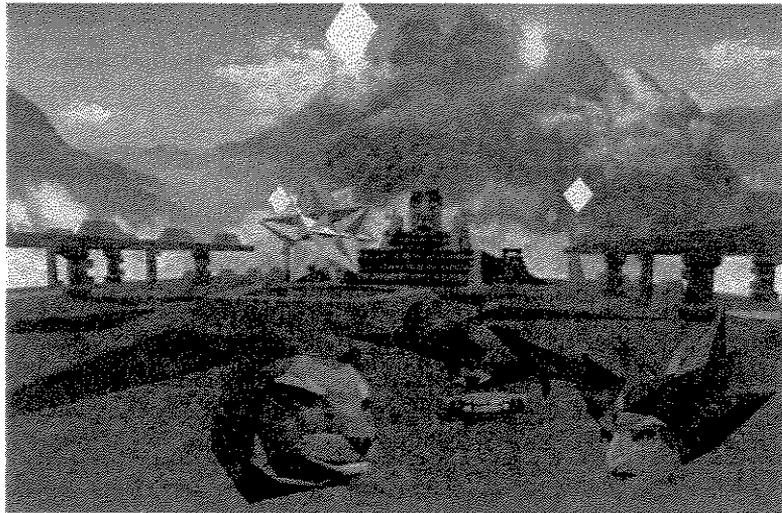
(c)

Ambientes virtuais para suporte à cooperação ou à comunicação são hoje mais uma promessa do que uma realidade (Mazuryk e Gervautz, 1996).

Contudo existem algumas aplicações práticas. Gisi e Sacchi (1994) descrevem um sistema CAD que admite a colaboração entre engenheiros no design de peças mecânicas. **OnLive! Traveler** é um browser VRML para comunicação por voz entre múltiplos participantes em tempo real (Damer, 1998). A figura 2.20 captura uma cena do OnLive Traveler no qual quatro usuários estão realizando uma conversação face a face usando as suas próprias vozes e estão representados por avatares escolhidos por cada participante.

Figura 2.20

*OnLive!
Traveller, um
ambiente
virtual
multiusuário
para
comunicação
síncrona.*



2.5- IMERSÃO, SISTEMAS DE SIGNOS E CLASSES DE AMBIENTES VIRTUAIS

Não existe uma definição consensual para o conceito de imersão, apesar de haver concordância no que se refere à importância desta propriedade dos ambientes virtuais. Frequentemente imersão é tomada como **engajamento** (Hein, 1998) ou sentimento de **presença** na interface (Vince, 1998; Cadoz, 1997; Zeltzer, 1992). Por presença entende-se o sentimento que os usuários têm de sentirem-se fisicamente dentro do ambiente virtual. Por engajamento entende-se o sentimento que os usuários têm de estarem profundamente envolvidos e ocupados com a atividade que eles estão desenvolvendo. O engajamento envolve dar atenção para a experiência imediata e não se distrair por pensamentos ou por outras coisas.

Stuart (1996) define imersão como a apresentação de impressões sensoriais que levam os usuários a entenderem que eles estão envolvidos por um ambiente gerado por computador. Para Stuart a imersão é um fenômeno que pode ser quantificado objetivamente por medidas do campo visual, do intervalo de orientações permitidas pelo dispositivo de rastreamento, das direções que o dispositivo de feedback de forças pode trabalhar etc..

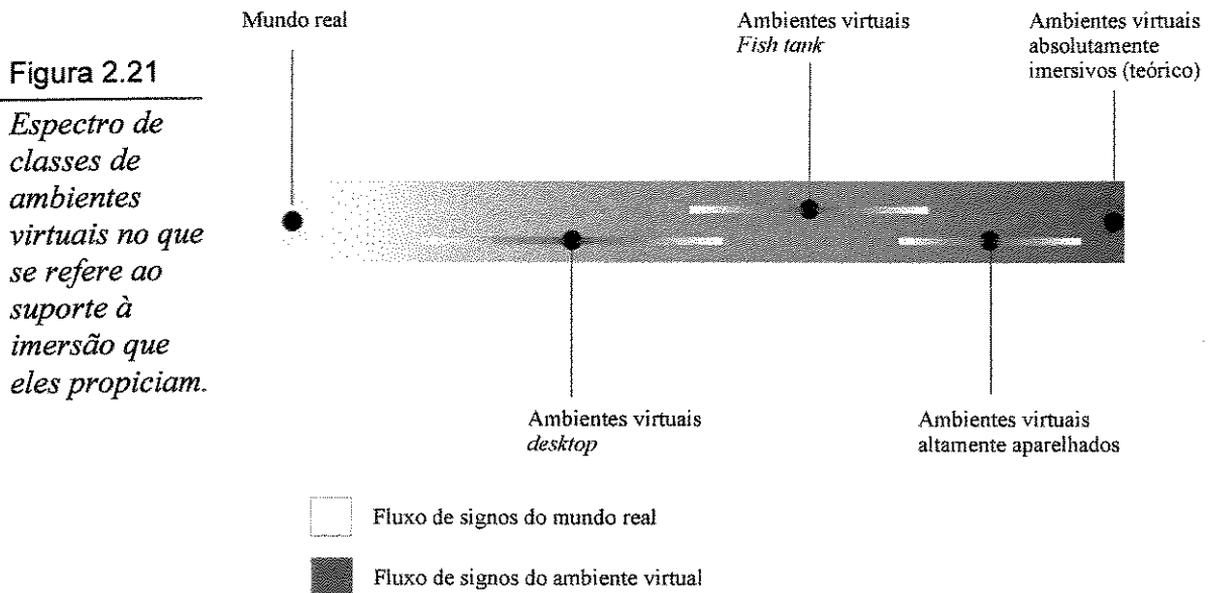
Para nós, um ambiente virtual é mais ou menos imersivo quanto mais ou menos ele veda o usuário do contato com outras fontes de signos não pertencentes ao ambiente virtual. Neste sentido, a imersão é função de fatores extrínsecos e intrínsecos ao usuário. Por um lado o mundo real tende continuamente a bombardear o usuário com signos. Por outro lado, a mente do usuário ou o seu corpo, através de sensações viscerais, pequenas sensações epidérmicas de sua roupa, sensações de fome, frio etc., são também fontes de signos (Liszca, 1996; Santaella, 1995). Até mesmo a sensação de uma dor é um signo (Corrington, 1993; Eco, 1976). A imersão surge da competência do ambiente virtual em captar os sentidos do usuário para o seu fluxo de signos mas é em grande parte dependente dos fatores psicológicos e físicos que governam a atenção do usuário.

Tal como Stuart nós entendemos que os dispositivos de entrada e saída cumprem um papel fundamental no processo de imersão. Um ambiente virtual que incorpora um HMD possibilita uma imersão muito maior do que um simples monitor de vídeo, na medida em que priva o usuário do contato com signos visuais provenientes do mundo real, fazendo-o fixar atenção apenas nos signos visuais provenientes do mundo virtual. Entretanto o nosso entendimento de imersão vai além do de Stuart na medida em que considera fatores intrínsecos ao usuário, tocando indiretamente nos sentimentos de presença e engajamento amplamente associados ao fenômeno.

A figura 2.21 apresenta um espectro de classes de ambientes virtuais conforme o suporte à imersão que eles propiciam, sendo a imersão entendida a partir dos fluxos de signos que mediam a relação do usuário com o mundo virtual. Esta figura mostra as classes de ambientes virtuais não como pontos fixos dentro do espectro mas como algo variável segundo a disponibilidade tecnológica, que favorece mais ou menos a imersão, e segundo os fatores

intrínsecos ao participante da experiência virtual que lhe fazem dar mais ou menos atenção aos signos do ambiente virtual.

A figura 2.21 contrapõe dois extremos ao longo de um espectro de possíveis experiências vividas por um ser humano: o mundo real e um mundo absolutamente artificial. O mundo real representa não só o mundo exterior ao corpo e à mente humana mas também o corpo e a própria mente na medida em que corpo e mente comunicam ao humano o que está ao seu redor no espaço e no tempo (memória). O mundo absolutamente artificial é apenas um conceito teórico, ele é ideal e provavelmente inatingível. É possível que sempre haja algum fluxo, por menor que seja, de signos provenientes do mundo real (exteriores ou interiores ao participante da experiência virtual) que farão com que a experiência deste participante não seja absoluta. Entre os dois extremos, nós encontramos as soluções tecnologicamente possíveis hoje em dia que fazem dos ambientes virtuais uma realidade.



Ambientes virtuais desktop são uma alternativa de baixo custo aos ambientes virtuais altamente aparelhados que não estão disponíveis à grande massa de consumidores de aplicações baseadas em computador. Em um

sistema de realidade virtual desktop as imagens são apresentadas em um monitor de vídeo e a interação do usuário no ambiente ocorre em geral por meio de mouse e teclado e eventualmente por meio de luvas, joysticks e mouses tridimensionais. Os simuladores de vôo e de corridas para computadores pessoais, jogos como DOOM (Bartlett, Simkin e Stranc, 1996) ou Civilization (Microprose, 1999) se inserem nesta categoria. Mas o que de fato tem popularizado esta modalidade de ambiente virtual e tem permitido um amplo desenvolvimento de ambientes virtuais desktop é a VRML (*Virtual Reality Modeling Language*). Integrando-se com outros recursos da WWW, a VRML tem permitido neste final de século um amplo desenvolvimento de ambientes virtuais desktop para serem distribuídos pela Internet.

Um ambiente virtual *fish tank* suporta rastreamento da posição e orientação da cabeça e usa um monitor de vídeo convencional (Ware, Arthur e Booth, 1993). A sensação de terceira dimensão é desenvolvida a partir de óculos obturadores que permitem visão estereoscópica (veja seção 2.2). Tal como nos ambientes virtuais desktop, a interação do usuário se dá em geral por meio de dispositivos de entrada tradicionalmente empregados em computadores pessoais. O termo *fish tank* é derivado da reduzida mobilidade física do usuário (ou, de forma mais técnica, reduzido volume para trabalho) destes sistemas de realidade virtual.

Os ambientes virtuais altamente aparelhados constituem a última fronteira no que se refere ao aparelhamento para a imersão. Um ambiente virtual altamente aparelhado deve satisfazer às quatro condições descritas a seguir (Furness, 1989). (1) O campo de visão provido pelo sistema deve ser largo o bastante para que os objetos do ambiente virtual sejam percebidos até mesmo pela visão periférica do usuário. Isto requer um ângulo visual de 160 graus horizontalmente e 180 graus verticalmente, requerimentos estes que só são preenchidos por bons HMDs, BOOMs e CAVEs. (2) A posição da cabeça do usuário e a posição de no mínimo uma de suas mãos deve ser rastreada com seis graus de liberdade (posição no espaço tridimensional – X, Y, Z – e inclinação, rolamento e guinada⁴). (3) O usuário deve ser capaz de

⁴ **Inclinação, rolamento e guinada** são nomes freqüentemente utilizados para descrever os três possíveis movimentos de rotação de um objeto em relação, respectivamente, aos eixos X, Z e Y. Para um observador de pé olhando um objeto de frente, X é o eixo horizontal, Y é o eixo vertical e Z é o eixo da profundidade. Os termos inclinação, rolamento e guinada

se comunicar com o ambiente virtual naturalmente, tal como olhar, falar ou apontar e não através de uma interface que use dispositivos tais como teclado, mouse, joystick e tela sensível a toque. Isto requer o uso de transdutores tais como luvas, macacão de dados, sistemas de reconhecimento de voz e gestos que comunicam o comportamento do usuário ao computador. (4) E finalmente, o atraso na alteração da configuração do ambiente virtual em resposta aos movimentos e ações do usuário deve ser desprezível.

Como dissemos anteriormente, o nosso entendimento de imersão é mais amplo do que aquele que é correntemente descrito pela literatura especializada em realidade virtual. Não falamos apenas nos sentidos humanos como um conjunto de cinco sentidos mas consideramos toda uma rede complexa de signos que engloba os signos normalmente associados aos sentidos humanos mas vamos além ao considerar outras fontes de signos intrínsecas ao ser humano. Neste sentido pode haver alto nível de imersão mesmo em um sistema de realidade virtual desktop, desde que o participante da experiência tenha fixado atenção nos signos do ambiente virtual e tenha se tornado distraído em relação a outras fontes de signos. Seguindo este raciocínio, admitimos que mesmo um ambiente altamente aparelhado pode não conduzir a um nível de imersão alto se o participante da experiência for, por exemplo, atormentado por outras fontes de signos tais como uma dor de cabeça, uma sensação de calor, um vago e sensível sentimento de perda etc..

Não estamos querendo dizer que os dispositivos freqüentemente empregados nos sistemas de realidade virtual não têm valor. Aliás, afirmamos justamente o contrário. Estes dispositivos cumprem um papel fundamental na experiência virtual na medida em que tentam vedar o participante do contato com signos do mundo real exteriores a ele.

Tudo o que podemos na nossa condição de seres humanos, portanto, é atingir um certo nível de imersão. Neste sentido parece razoável falar de níveis de imersão e expressar este fenômeno num espectro que engloba todas as possíveis classes de aplicações que são consideradas pela literatura como

devem ter tido origem, provavelmente, nos movimentos de rotação da cabeça humana. Supondo um humano em pé, inclinação diz respeito a um ângulo compreendido entre olhar para cima e olhar para baixo, rolamento a um ângulo compreendido entre olhar horizontalmente à esquerda e olhar horizontalmente à direita e guinada a um ângulo entre deitar a cabeça para a esquerda e deitar a cabeça para a direita (Gradecki, 1994).

autênticas aplicações da realidade virtual mas também, como extensão, todas aplicações computacionais uma vez que todas elas favorecem algum nível de imersão, ainda que muito pequeno.

2.6- O PROBLEMA DA INTERAÇÃO

A maioria absoluta da pesquisa sobre ambientes virtuais conduzida até agora fixou-se em aspectos técnicos. A melhoria da performance, da qualidade e da resposta dos ambientes virtuais sempre foram o principal problema abordado nestas pesquisas (Mazuryk e Gervautz, 1996).

Pouco esforço tem sido feito para se entender a interação humana em ambientes virtuais (Bowman, 1999; Hix *et al.* 1999; Kessler, 1999; Gabbard *et al.*, 1999; Kallmann e Thalmann, 1999; Mine, 1997). Como consequência disto, o design da interação humana nestes ambientes tem sido pobre e raramente avaliado.

O enorme sucesso de diversas aplicações da realidade virtual tais como “caminhar em um projeto arquitetônico” e “terapia auxiliada por computador” tem sido atribuído em parte à fraca necessidade de interação do usuário dentro destes ambientes. Tais aplicações requerem do usuário quase que somente a pura observação do ambiente virtual ao seu redor. Não obstante, o fracasso de muitas outras aplicações da realidade virtual que demandam interatividade tem sido associado à carência de técnicas de design da interação para uma adequada implementação das mesmas (Bowman, 1999). Brooks (1999) afirma que achar uma melhor forma de interagir com ambientes virtuais é uma das cinco questões abertas mais importantes para o campo da realidade virtual.

Um pensamento recorrente na literatura tem sido o de que nenhuma interface é necessária para a interação do ser humano dentro de um ambiente virtual, isto é, esta interação é natural e intuitiva desde que se supere os problemas de interface física entre o ser humano e o computador (Mazuryk e Gervautz, 1996; Nielsen, 1993 a; Bricken, 1991). Esta crença na interação natural e intuitiva tem levado os esforços de pesquisa a se concentrarem na criação e aprimoramento de dispositivos e software para entrada e saída cada vez melhores, mais abrangentes no que se refere aos sentidos humanos (paladar,

olfato, tato, feedback de força etc.), reconhecimento de voz para a comunicação verbal, rastreadores de posição e movimento dos olhos, reconhecimento e interpretação de gestos etc..

Entretanto, no estágio de desenvolvimento atual, além das limitações tecnológicas tais como latência⁵ do sistema e resolução dos meios de exibição de imagem e som, vários outros fatores complicam a tarefa de interação “natural” em um ambiente virtual.

Para Mine (1997), enquanto a imersão, o uso de HMD e rastreadores facilitam a manipulação bruta de objetos no ambiente virtual, a manipulação precisa destes objetos é complicada pela: (1) carência de dispositivos efetivos para feedback tátil e de força; (2) inexistência de dispositivos que restringem de forma geral o movimento do usuário; (3) imprecisão dos dispositivos de rastreamento; (4) o fato de que a tecnologia de comando por voz não está madura; (5) a dificuldade da entrada de dados alfanumérica em ambientes altamente aparelhados. Mine acrescenta que a dificuldade dos ambientes virtuais atuais em dar suporte aos sentidos cinestésicos⁶ ou proprioceptivos⁷ impedem que os usuários interajam de forma natural nestes ambientes.

Mazuryk e Gervautz (1996) referem-se ao design da interação do ser humano nos ambientes virtuais atuais como algo rústico, que frequentemente requer hardware pesados, procedimentos de calibragem complicados e paradigmas de interação não intuitivos que não podem ser naturalmente operados por um usuário mortal.

Hoje, após quase 35 anos de história da realidade virtual, constata-se que não fomos capazes (talvez nunca sejamos) de atingir a prometida interação natural a partir de esforços de pesquisa para superar os problemas de interface física entre o ser humano e o computador. Adicionalmente, avanços no campo de interação Humano-Computador têm mostrado que há muito

⁵ Latência (ou simplesmente *lag*) refere-se ao tempo total de atraso entre a ação do usuário e a resposta do sistema (Stuart, 1996).

⁶ Sentido pelo qual se percebe o movimento dos músculos, o peso e a posição dos membros (Ferreira, 1999).

⁷ Sentido pelo qual se percebe a posição e orientação do corpo e das suas várias partes (Mine, 1997).

mais coisas que levam a uma boa interação do ser humano em um ambiente computacional do que simplesmente melhorar a interface física usada pelos humanos nestes ambientes.

Assim, um problema moderno neste campo é o do design da interação em um ambiente virtual considerando uma certa tecnologia para interface física. Em outras palavras, como se pode desenvolver um bom design da interação em ambientes virtuais sem atuar diretamente sobre os dispositivos físicos de entrada e saída? Este é o problema do qual nos ocupamos nesta tese. Por ambiente virtual nós estamos entendendo ambientes computacionais que satisfazem a definição dada na seção 2.1. Com relação à imersão, mencionada na referida definição, nós estamos considerando toda a faixa de ambientes que se estende desde os ambientes menos aparelhados (como os ambientes virtuais desktop) até os ambientes altamente aparelhados (veja seção 2.5 para uma discussão sobre níveis de imersão e especialmente a figura 2.21).

2.7- O ESTADO DA ARTE RELATIVO AO DESIGN DA INTERAÇÃO EM AMBIENTES VIRTUAIS

A maioria absoluta da pesquisa sobre ambientes virtuais em geral e sobre o design deles em particular tem se concentrado na melhoria da qualidade de imagem, som, eficiência na renderização, busca de novos dispositivos ou aprimoramento dos existentes ou estudo de questões específicas sobre a interação como, por exemplo, rastreamento da visão, navegação, reconhecimentos de gestos, influência da distância entre pupilas ou forma da orelha no design etc.. A preocupação com o design da interação do ser humano no ambiente de forma mais abrangente é relativamente recente.

Stuart (1996) vê o design de ambientes virtuais como um processo iterativo envolvendo as fases de (1) definição de requisitos, (2) (re)design e (3) avaliação do ambiente. A definição dos requerimentos compreende a descrição de quais são os usuários, suas habilidades, motivações, capacidades perceptivas, cognitivas e motoras, quais são as tarefas a serem realizadas no ambiente virtual e qual é o contexto no qual o sistema se insere. A fase de design abrange a escolha de dispositivos para entrada e saída, definição de software, interações do ser humano dentro do ambiente e

projeto do sistema. A avaliação compreende a verificação da performance (latência, taxa de alteração de display, sincronização espacial e temporal, robustez e tolerância falhas), verificação da usabilidade por meio de análises de videoteipes, questionários e entrevistas, verificação da utilidade do ambiente virtual para as tarefas que se deve realizar considerando a aplicação da mesma (educação, entretenimento etc.). Stuart não oferece nenhum formalismo para qualquer das fases que compreendem o seu método nem tampouco revela como fazer, por exemplo, o design dado que se tem os requerimentos. O seu trabalho pode ser entendido como um conjunto de sugestões de natureza geral sobre o processo de design.

Tendo como foco os aspectos de implementação da interação de agentes virtuais humanos com objetos dentro do ambiente virtual, Kallmann e Thalmann (1999) estabelecem um modelo para esta interação no qual os objetos incluem todas as informações necessárias para que se interaja com eles. Assim os objetos devem ter, além de suas propriedades intrínsecas (peso, centro de massa, descrição do movimento de suas partes móveis etc.), outras propriedades para controlar o seu próprio comportamento e também o comportamento dos agentes. As propriedades dos objetos são gravadas em um arquivo texto e podem ser acessados por todas as aplicações que fazem uso destes objetos. Para facilitar o trabalho de edição deste arquivo texto, uma ferramenta de modelagem das propriedades dos objetos é proposta.

Para Bowman (1999) uma grande porcentagem das interações que ocorrem em ambientes virtuais altamente aparelhados caem em um pequeno número de categorias, que incluem navegação (movimento do ponto de vista do usuário de um lugar para outro lugar), seleção (indicação de objetos dentro do ambiente) e manipulação (atribuir um valor para a posição e/ou orientação de um objeto). Bowman discute e propõe um conjunto de técnicas de interação para cada uma destas categorias.

Na mesma linha de Bowman, Mine (1995) apresenta técnicas de interação particulares para algumas classes de interação como movimento, seleção, manipulação e escala. Para cada classe de interação Mine discute diversas possibilidades de interação, ressaltando as vantagens e desvantagens de cada possibilidade. Por exemplo, para definição da direção de movimento dentro do ambiente virtual, Mine aborda as possibilidades de apontamento com a

mão, verificação da direção do olhar (visada), uso de controles físicos (joysticks, *trackballs*, botões etc.), controles virtuais (volante virtual, timão virtual etc.), uso de veículos virtuais, objetos virtuais que atraem ou repelem o usuário e a escolha da direção por meio de um menu de opções.

Gabbard *et al.* (1999) e Hix *et al.* (1999) descrevem um método de design e de avaliação de ambientes virtuais baseados em uma combinação entre a avaliação heurística (Nielsen, 1994; Nielsen e Molich, 1990) e a avaliação de usabilidade formativa de Hix e Hartson (1993). A avaliação heurística, realizada por especialistas, identifica prováveis problemas de usabilidade através da comparação (inspeção) da interface existente com um certo conjunto de heurísticas de usabilidade. A avaliação de usabilidade formativa identifica problemas de usabilidade através da observação empírica de usuários interagindo com a interface à medida em que estes realizam um certo conjunto de tarefas previamente selecionadas. O método de design proposto consiste do desenvolvimento de protótipos de forma iterativa, sendo que em cada ciclo da iteração um protótipo (ou parte dele) passa por uma avaliação heurística e uma avaliação formativa antes de ser reformulado. Enquanto os conceitos de avaliação heurística e formativa não são novos, a aplicação destes métodos a ambientes virtuais é algo novo, ressaltam os autores. Hix e seus colegas descrevem a aplicação deste método a um ambiente virtual com fins militares para visualização, em tempo real, de um campo de batalha. Gabbard e seus colegas mostram a aplicação do método a um ambiente virtual para visualização de imagens de corpos a partir de dados obtidos por ressonância magnética ou varredura a laser.

Para alguns pesquisadores (Kessler, 1999; Linderman, Sibert e Hahn, 1999; Wloca e Geenfield, 1995; Herdon e Meyer, 1994, Conner *et al.*, 1992) a inexistência de padrões de design, como os que existem no design de aplicações tipicamente desktop é o que tem impedido o desenvolvimento e a aceitação em larga escala dos ambientes virtuais. Neste sentido, estes pesquisadores se esforçam em prover metáforas que tentam melhorar a usabilidade de certas classes de ambientes virtuais e/ou fornecer um conjunto de widgets tridimensionais para a interação. Kessler (1999), por exemplo, desenvolve o SVIT (*Simple Virtual Interator Framework and Toolkit*), um *framework* e *toolkit* para ambientes virtuais, similar ao que fazem também as bibliotecas de widgets e *toolkits* de interação para

interfaces gráficas do usuário tais como Java AWT (Cornell e Horstman, 1998), Microsoft Windows ou sistemas baseados em X-Windows.

Capítulo 3

Objetivos e metodologia

Dedicamos este capítulo à descrição dos objetivos desta tese e da metodologia que a orienta. Frequentemente tais assuntos são referenciados em seções de capítulos introdutórios das teses. A opção pelo destaque destes assuntos na forma de um capítulo, embora curto, reflete a importância que damos aos mesmos dentro do discurso geral.

O tema desta tese é o design da interação em ambientes virtuais. A questão da qual nos ocupamos é a de como tornar melhor a interação em ambientes virtuais. Esta interação pressupõe uma intrincada reunião de dispositivos físicos de entrada e saída, cada qual com suas virtudes e fraquezas, a capacidade de processamento de grande volume de dados, eventualmente de natureza multimodal, e a comunicação do ser humano com os objetos, peças, máquinas, seres etc. representados no ambiente virtual.

As pesquisas realizadas até hoje traduzem o problema da interação numa quantidade inestimável de outros problemas relacionados à melhoria da qualidade do som, imagem, renderização etc.. Sem deixar de considerar os pressupostos e os resultados destas pesquisas, nós vemos o problema da interação como um problema de comunicação. Especificamente, o problema do qual nos ocupamos nesta tese pode ser traduzido no problema da comunicação dentro dos ambientes virtuais, seja esta comunicação entre um ser humano e algum objeto, peça, máquina ou ser representado no ambiente ou a comunicação entre os próprios elementos do ambiente. Subjacente a esta perspectiva do problema da interação enquanto um problema de comunicação está a hipótese central que movimenta todo este trabalho: a melhoria da comunicação nos ambientes virtuais contribui para a melhoria da interação em ambientes virtuais.

Visando a solução do problema descrito, os **objetivos primários** desta pesquisa são:

- *Estabelecer um modelo conceitual para a interação em ambientes virtuais.* No sentido que estamos nos referindo, o termo “modelo conceitual” significa algo que abstrai e explicita os elementos fundamentais segundo os quais os fenômenos são entendidos. Em nosso caso particular estamos falando do estabelecimento de um modelo conceitual que entende a interação em ambientes virtuais como fenômenos de comunicação. Um modelo conceitual norteia o raciocínio subjacente a um método de design e influencia a forma como os artefatos associados ao método são compostos

(procedimentos, modelos do método etc.). Um método de design pode ser visto como uma possível implementação de um modelo conceitual, ou seja, vários métodos de design podem ser propostos tendo como base um único modelo conceitual. Por exemplo, Norman (1986) estabelece, com base na Psicologia Cognitiva, um modelo conceitual para a execução de uma tarefa a partir de sete atividades mentais realizadas por um sujeito interagindo com o computador. Vários métodos de design podem ser propostos a partir deste modelo conceitual de Norman.

- *Identificar e estabelecer princípios gerais que governam a comunicação em ambientes virtuais.* Os fenômenos de comunicação serão entendidos a partir de um certo corpo teórico o qual, aplicado aos nossos propósitos, farão surgir um conjunto de princípios considerados verdadeiros e inquestionáveis em relação ao desenvolvimento de um método de design da interação em ambientes virtuais (o último e mais caro objetivo desta lista). De forma análoga aos modelos conceituais, os princípios podem ser úteis por si só e não apenas para estabelecimento de um método de design. Por isto fazemos questão de colocá-los como objetivos independentes do objetivo maior. Os princípios que governam a comunicação em ambientes virtuais podem ser utilizados num raciocínio lógico dedutivo para inferir uma série de questões sobre estes ambientes. Por exemplo, estes princípios podem ser usados, também, para a inferência das potencialidades educacionais de ambientes virtuais, desde que se descreva a questão da possibilidade educacional a partir de fenômenos de comunicação nos ambientes virtuais.
- *Desenvolver um método de design da interação em ambientes virtuais que leva em consideração os princípios e o modelo conceitual estabelecidos.* Este é o nosso maior objetivo, sendo os objetivos anteriores “batalhas” intermediárias cujo alcance é imprescindível à consecução do objetivo maior. Um método de design da interação contribui, obviamente, para a solução do problema da interação em ambientes virtuais (o problema subjacente a esta tese) na medida em que orienta o processo de

design do ambiente virtual enquanto também estabelece modelos do ambiente virtual que podem ser compartilhados entre toda equipe de design.

Esta tese tem os seguintes **objetivos secundários**:

- *Analisar o que designers de software tipicamente desktop têm a aprender com o design de ambientes virtuais.* Alguns pesquisadores vêem os ambientes virtuais como a última fronteira em termos de interface Humano-Computador (Bricken, 1991; Sutherland, 1965). Outros, como Reynolds (1998) e Bardini (1997), criticam o metáfora desktop subjacente à grande maioria das interfaces atuais. Hoje, passados 20 anos da fundação da tradição desktop introduzida pelo computador Star, projetado pela Divisão de Desenvolvimento de Sistemas da Xerox's PARC, nós continuamos a empregar, na maioria absoluta dos softwares, a metáfora desktop de interação Humano-Computador. Ao mesmo tempo, o campo da Realidade Virtual conta com 30 anos de existência. Portanto, o que designers de ambientes tipicamente desktop têm a aprender com os ambientes virtuais?
- *O desenvolvimento de um ambiente virtual.* A metodologia empregada (descrita a seguir) conta com verificações das contribuições do método de design, objetivo primário desta tese, ao design de um ambiente virtual. Para tanto um ambiente virtual deveria ser desenvolvido. Escolhemos desenvolver um ambiente virtual, o qual denominamos TC - Teatro no Computador, que permite que crianças criem e atuem em peças de teatro. Assim como no teatro real, o TC pode potencialmente contribuir, do ponto de vista educacional, no desenvolvimento de habilidades como a criatividade, a imaginação, a interpretação crítica, a sensibilização, a concentração e a expressão. As potencialidades educacionais do TC motivam a consecução do objetivo seguinte.
- *Analisar como as diferentes maneiras que um aprendiz tem para imergir em um ambiente virtual particular como o TC podem conduzir a diferentes oportunidades educacionais.* Uma das características dos ambientes virtuais é que eles podem possibilitar

a imersão do usuário de diferentes maneiras dentro do ambiente. Cada uma destas diferentes maneiras tem associada a si uma certo ponto de vista do ambiente virtual, ocultando certos elementos do ambiente e tornando explícito outros. Neste sentido, um mesmo ambiente virtual torna-se mais rico, por exemplo, a experiências de um certo tipo quando possibilita a imersão do usuário de um certo modo e torna-se mais rico a experiências de outro tipo quando o faz de outra maneira.

A **metodologia** subjacente aos trabalhos desta tese tem como preceito básico o princípio das aproximações sucessivas, segundo o qual a verdade sobre um conhecimento nunca é atingida integralmente, mas sim através de etapas sucessivamente mais próximas. Ou seja, um conhecimento é válido apenas até que novas observações ou experimentações o contradigam. Toda tese é sempre provisória.

O princípio das aproximações sucessivas encontra bases na teoria do Falibilismo do filósofo americano Peirce (1974). Segundo esta teoria, as leis da natureza não são absolutas, mas evolutivas. Qualquer lei é sempre provisória, está sempre sujeita a mudanças. A ciência é concebida como processos que amadurecem gradualmente produtos da mente coletiva que obedece a leis de desenvolvimento interno ao mesmo tempo em que respondem a eventos externos (novas observações, novas idéias etc.).

A metodologia utilizada para atingir os objetivos primários propostos nesta tese implementa o princípio das aproximações sucessivas através do desenvolvimento contínuo (interrompido, obviamente, para a materialização deste texto), de forma iterativa, das seguintes etapas:

1. Levantamento e análise de propostas afins.
2. Estabelecimento do modelo conceitual para a interação em ambientes virtuais.
3. Identificação e estabelecimento dos princípios que governam a comunicação em ambientes virtuais.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

4. Desenvolvimento do método de design da interação em ambientes virtuais.
5. Avaliação das contribuições do método, a partir da experimentação do mesmo no design de um ambiente virtual, o TC – Teatro no Computador, e da observação do design de ambientes virtuais comerciais. Discussões com grupos afins e em conferências.

A etapa (1) diz respeito à coleta de informações sobre o domínio do problema do design da interação em ambientes virtuais, tanto no que se refere a matéria direta (ambientes virtuais) quanto aos métodos, modelos e teorias de design etc. aplicáveis. As etapas (2), (3) e (4) representam os esforços para o estabelecimento, ciclo a ciclo do processo iterativo, da solução ao problema e a etapa (5) descreve a verificação da adequação da solução ao problema.

As etapas de (1) até (5) não se sucedem de maneira linear mas fazem parte de uma dialética na qual a apropriação de informações conduz ao conhecimento que, por sua vez, possibilita a percepção de novas informações sobre o problema do design da interação em ambientes virtuais e sobre a solução ao problema. Em outras palavras isto é semiose, a semiose da tese.

Capítulo 4

Referencial teórico

4.1- Semiótica: origens e abrangência	65
4.2- A matriz da Semiologia: Saussure	67
4.3- A Semiologia nos trabalhos de Louis Hjelmslev	70
4.4- Semiótica: Peirce	75
4.5- A Semiótica nos trabalhos de Umberto Eco	82
4.6- Abordagens semióticas em design	86
A Semiótica Computacional de Andersen	88
A Engenharia Semiótica de Souza	93
Outros trabalhos	96

A interface de software pode ser entendida como um sistema de signos manifestados em processos computacionais, que as pessoas consciente ou inconscientemente criam quando usam ou interpretam sistemas computacionais. Segundo esta visão, o papel do computador é o de um medium - uma substância física na qual signos são manifestados e usados para comunicação. Este capítulo objetiva discutir a Teoria Semiótica, apresentando suas origens e fundamentos, o emprego atual da Semiótica no design de interfaces e análise das propostas afins.

Esta tese tem como principal referencial teórico a Semiótica de Peirce (seção 4.4), em especial os seus processos de continuidade e crescimento (a semiose), mas o presente capítulo apresenta outros trabalhos com o objetivo de melhor situar a semiótica Peirceana em relação a estas outras contribuições . Este capítulo é uma adaptação e atualização de Oliveira e Baransuskas (1998 c).

4.1- SEMIÓTICA: origens e abrangência

O desenvolvimento da Semiótica da forma como a entendemos hoje em dia só se deu a partir dos trabalhos do filósofo norte americano Charles Sanders Peirce (1839-1914) e do lingüista suíço Ferdinand de Saussure (1857-1915). A Semiótica objetiva estudar os signos e sistemas de signos. Como dissemos no capítulo 1, um **signo** é qualquer coisa que está no lugar de outra coisa para alguém sob determinados aspectos ou capacidades (Peirce, CP 2.228). Uma palavra, uma foto, a pronúncia de uma palavra, um certo cheiro ou qualquer coisa usada para veicular pensamentos é signo para aquilo a que se refere.

Santaella (1996) observa que a Semiótica se propõe a ver o mundo como linguagem. Ela não se refere somente à língua verbal falada ou escrita mas a todos os tipos de linguagens: a linguagem dos surdos-mudos, da dança, da culinária, da moda, dos rituais de tribos primitivas, da música, das esculturas, da cenografia, dos hieróglifos, dos sonhos, do vento etc.. A Semiótica tem por objetivo a investigação de todas as linguagens possíveis, ou seja, a investigação de qualquer fenômeno como fenômeno de produção de significação e sentido. Seu campo de atuação é vasto indo desde o estudo da comunicação em comunidades não humanas até o estudo social das ideologias, passando pelo estudo dos códigos morais, políticos, econômicos, religiosos, militares e das doenças enquanto os sintomas que produzem. Hoje sabemos que, mesmo a noção que temos de vida, como algo com certas características e que é capaz de se reproduzir, pressupõe a existência de informação codificada dentro do sistema biológico: o DNA. Isto é linguagem e não seria absurdo dizer que sem linguagem não há vida. É matéria semiótica qualquer signo produzido ou interpretado por nós, seres humanos, ou por outros animais, plantas, protozoários, fungos e bactérias ou por um artefato desenvolvido por alguma entidade viva, como um robô, um autômato, ou por uma entidade supernatural como o que ocorre quando um menino ajoelha-se e suplica à sua divindade “Eu peço que o Senhor tenha a minha alma” (Sebeok, 1994, p. 6). A própria noção de cultura (e de sociedade) parece dever ser reformulada quando se procura estudar os fenômenos do universo, desde a sua criação até os animais e plantas de hoje,

como manifestação de linguagens, ou seja, sob uma esfera semiótica, a semioesfera (Hoffmeyer, J., 1996).

As duas matrizes da semiótica contemporânea¹, Peirce e Saussure, concordam no objetivo comum mas diferem até mesmo na maneira como compreendem o conceito mais elementar: o de signo. Os trabalhos de Saussure têm origem lingüística enquanto que a semiótica de Peirce é desenvolvida dentro de um corpo filosófico e é concebida como uma lógica. Peirce (CP 5.488) dizia: *Até onde conheço, pelo que sei, eu sou um pioneiro, ou antes um explorador, no trabalho de esclarecer aquilo que chamo de semiótica ...*. Assim é que, para alguns pesquisadores (Coelho Netto, 1996; Liszka, 1996), as duas matrizes nada têm em comum, diversos são os seus métodos e perspectivas, e, portanto, não cabe a elas uma denominação comum. Sob este aspecto, entendem estes estudiosos, o termo “semiótica” deveria ser guardado para indicar, apenas, a teoria de Peirce, usando-se para a linha Saussureana a denominação “semiologia”. Outros pesquisadores, como Umberto Eco, reconhecem os pressupostos ideológicos nomeados por aqueles que desejam terminologias diferentes, mas preferem não fazer tal distinção e adotam o termo semiótica como sinônimo de semiologia. Neste texto adotaremos uma posição intermediária. Chamaremos de semiótica às duas linhas, a exemplo do que fazemos no título desta seção, mas não deixaremos de usar o termo semiologia quando nos referirmos especificamente a escola de origem em Saussure.

A seguir nós examinamos os principais conceitos da Escola Semiológica explicitando a sua origem em Saussure. Os conceitos lingüísticos por ele encerrados foram retomados, discutidos e ampliados por uma série de outros semiólogos, especialmente o dinamarquês Louis Hjelmslev (1899-1965) cujo trabalho, para muitos estudiosos (Coelho Netto, 1996; Santaella, 1996), constitui, ao lado de Saussure, a linha central da vertente semiológica. Discutiremos, assim, um pouco do trabalho de Hjelmslev até mesmo porque este trabalho é a base de uma teoria de design de interfaces de autoria do, também dinamarquês, Peter Bøgh Andersen. Em seguida, discutiremos as bases da semiótica de Peirce e a semiótica no trabalho do Italiano, contemporâneo, Umberto Eco. Obviamente, a descrição a seguir é

¹ Santaella (1996) indica, ainda, uma terceira fonte de origem russa, menos difundida, nos trabalhos dos filósofos A. N. Viesselovski e A. A. Potiebniá.

absolutamente sintética, capta alguns centímetros quadrados, do que se conhece sobre semiótica mas nos permitirá entender algumas diferenças nas propostas de teorias de design de interfaces que discutiremos e o emprego que faremos destes conceitos. Finalizamos o capítulo com a descrição de trabalhos que empregam a Semiótica no design de software.

4.2- A MATRIZ DA SEMIOLOGIA: Saussure

Saussure não tem, em vida, nenhuma publicação propriamente dita (Coelho Netto, 1996). O que nos chega se faz através de notas de aula de seus alunos sobre seu curso de linguística geral e da publicação póstuma destas notas de aula. Saussure concebe a **Semiologia** como a ciência que estuda os signos no quadro da vida social, uma ciência que é parte da Psicologia Social. A Semiologia não se restringe à linguagem verbal, falada ou escrita, mas engloba todos os sistemas usados para estabelecer a comunicação humana², como por exemplo, a linguagem dos sinais de trânsito, dos surdos-mudos, do teatro, do cinema etc.. Neste sentido, a Linguística é, apenas, um caso especial para a Semiologia. Na verdade trata-se de um caso muito especial visto que, para Saussure, a Linguística oferece um modelo para o estudo de todos os outros sistemas de signos.

Para a Semiologia um signo é composto de duas partes: um **significante** e um **significado**. O significante refere-se à parte material do signo como, por exemplo, aos traços sobre um papel formando a palavra “elefante” ou os sons emitidos por alguma pessoa pronunciando a palavra “elefante”. O significado refere-se ao conceito veiculado pela parte material, ou seja, no exemplo, a “imagem mental” a que remete o significante “elefante”. Não há signo sem significante e significado. Para Saussure, um signo deve ser entendido, apenas, como signo lingüístico, dado que este é arbitrário, ou seja, não existe qualquer relação entre seu significante e seu significado. Reserva-se a palavra **símbolo** aos tipos de signos não totalmente arbitrários

² Como veremos, a Semiótica de Peirce é mais abrangente, não se restringindo, apenas, aos signos usados para a comunicação humana.

como, por exemplo, o desenho de uma pirâmide veiculando como significado uma pirâmide³.

Coelho Netto (1996) observa que, na teoria de Saussure, surge a oportunidade e a necessidade de se distinguir entre o social e o individual e entre o essencial e o acessório ou acidental. O social e o essencial recaem no domínio da **língua**⁴ enquanto que a **fala** refere-se ao que é individual e acidental. Ou seja, a língua é institucionalizada socialmente e força-se sobre o indivíduo, o qual não tem, enquanto indivíduo, nenhuma ascendência sobre ela. Já a fala é um ato individual, uma forma peculiar de combinar os elementos da língua. Língua e fala mantêm uma relação dialética entre si: não há língua sem fala e não há fala sem língua. Louis Hjelmslev propõe os termos **esquema/uso**, respectivamente, para os termos língua/fala de Saussure. Estes termos, hoje em dia empregados mais freqüentemente pela Escola Semiológica, são mais adequados para a Semiologia dos sistemas não lingüísticos.

Toda língua natural oferece uma dupla **articulação**. Isto é, as sentenças nestas línguas podem ser decompostas em unidades elementares mínimas (os signos) dando origem a unidades de **primeira articulação**. Diz-se unidade elementar mínima porque o signo não pode ser decomposto em unidades menores portadoras de significado. Por exemplo, a sentença “um elefante incomoda muita gente” pode ser decomposta na seqüência de signos “um”, “elefante”, “incomoda”, “muita” e “gente”, cada qual com um significado bem definido. Toda unidade de primeira articulação admite ser decomposta em unidades menores que não possuem significado próprio mas que apenas se opõem umas às outras: as unidades de **segunda articulação**. Por exemplo, a unidade de primeira articulação “gente” pode ser decomposta nas unidades de segunda articulação “g”, “e”, “n”, “t” e “e” que não possuem significado

³ Em uma subseção seguinte veremos que Peirce propõe uma classificação diferente desta e que explicita melhor estas diferenças.

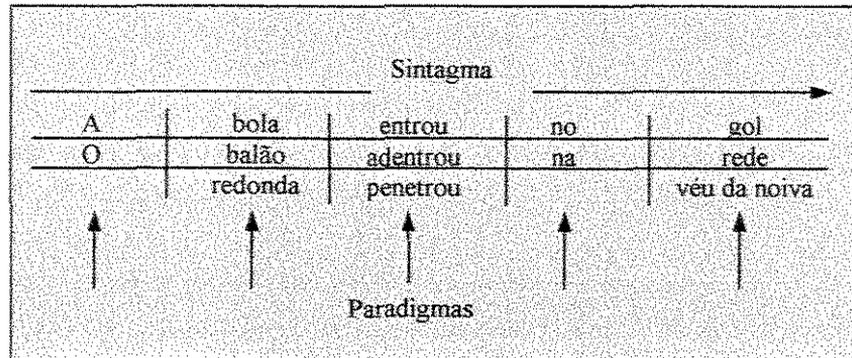
⁴ O termo “língua” usado aqui, neste contexto, opõem-se ao termo “fala”. É preciso que esteja claro, contudo, que o termo “língua” também designa o idioma falado e/ou escrito por um certo povo ou nação. Neste último sentido “língua” opõem-se a “linguagem” que designa todo e qualquer sistema de signos. Talvez seja por isto que, na tentativa de evitar tal confusão, Hjelmslev propõe no lugar dos termos “língua” e “fala”, respectivamente, os termos “esquema” e “uso” (veja abaixo, neste mesmo parágrafo).

próprio exceto pelo fato de se oporem, posicionalmente e graficamente (ou sonoramente), umas às outras.

Mas, mais importante do que as articulações para a teoria de Saussure é a relação que as estruturas de uma linguagem estabelecem entre si. Aliás, para Saussure, todos os elementos de uma linguagem podem ser vistos a partir das relações que eles contraem entre si. Assim, um signo compreende uma relação entre um significante e um significado, o esquema mantém uma relação com o uso e as unidades de segunda articulação possuem uma relação, posicional e gráfica, entre si para formarem um signo. É especialmente importante para a Semiologia a relação contraída pelos signos de uma sentença em uma linguagem. Estas relações podem ser vistas sobre dois eixos: o eixo dos **sintagmas** e o eixo dos **paradigmas**. Na impossibilidade de se emitir vários signos ao mesmo tempo, as sentenças em uma linguagem são construídas por uma seqüência de signos, formando o que se denomina sintagma. Este sintagma é construído segundo as regras e convenções de uma linguagem. Na maior parte das línguas, um sintagma é constituído de uma seqüência de palavras. Por exemplo, na língua portuguesa a sentença falada “Clinton virá ao Brasil em outubro” é um sintagma. Ao dizer “Clinton” não posso falar simultaneamente “Brasil” ou, ao dizer “virá” não posso pronunciar “outubro”. Os sintagmas são criados a partir da escolha de cada signo dentro de um repertório de outros signos a ele associados. Este repertório, ou categoria de signos, é o que se denomina paradigma. Coelho Netto (1996) oferece-nos o exemplo descrito na figura 4.1.

Figura 4.1

Sintagmas e paradigmas.



As colunas verticais indicam, cada uma, o repertório (paradigmas) de alguns possíveis signos que estão à disposição daquele que quer construir o sintagma “A bola entrou no gol”. Em design de interfaces a “seleção de um objeto” seguida da “escolha uma ação” é um exemplo de sintagma formado de dois paradigmas: um paradigma de objetos e um paradigma de ações.

4.3- A SEMIOLOGIA NOS TRABALHOS DE LOUIS HJELMSLEV

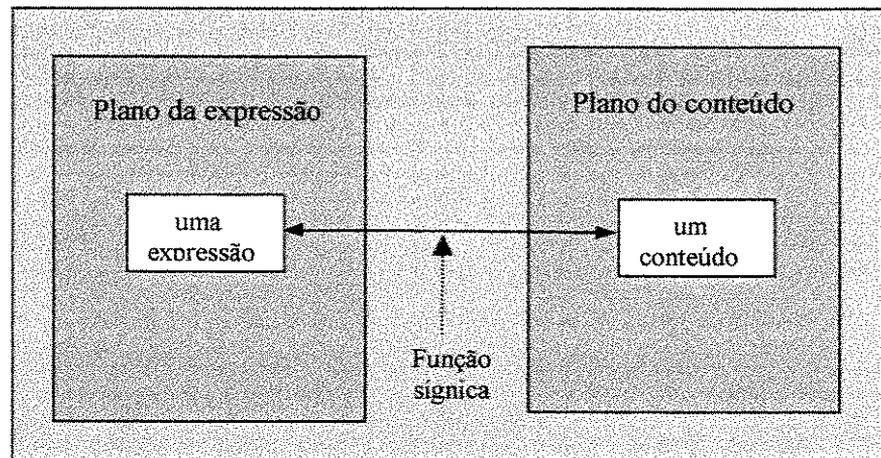
Muitos foram os lingüistas que, considerando as idéias de Saussure, desenvolveram a Semiologia. Hjelmslev, talvez o mais divulgado de todos eles, propôs uma nova teoria denominada Glossemática. Esta teoria não só propõe algumas terminologias diferentes das de Saussure mas apresenta um procedimento de análise da linguagem mais detalhado e formalizado (Coelho Netto, 1996).

Hjelmslev vê a **linguagem** como um sistema de signos constituídos de não signos (em linguagem escrita, as letras). Porém, entende que a definição de signo, embora realista e útil informalmente, é imprecisa (Hjelmslev, 1943). Por exemplo, o “s” que aparece no final de “casas” é um signo na medida em que este transmite a idéia de plural. Por outro lado, o “s” intermediário de “casas” não é um signo. Vejamos um outro exemplo. O significante “planta” pode ter, associado a si, uma série de significados: “vegetal”, “projeto arquitetônico”, “parte inferior do pé” etc.. Isto ocorre porque o significante “planta” está autorizado a contrair relação ora com um significado, ora com outro, dependendo da circunstância. Hjelmslev propõe, então, o conceito de **função sígnica** (ou função semiótica) e afirma: *deixaremos de falar em*

signos, pelo momento, pois não sabendo o que são, ... falaremos daquilo cuja existência constatamos, isto é, a função sígnica (Hjelmslev, 1943). Há função sígnica quando uma **expressão** se distingue no todo do qual ela é parte (**o plano da expressão**) e se correlaciona⁵ a um **conteúdo** distinguido no todo do qual ele é parte (**o plano do conteúdo**). Esta expressão e este conteúdo são denominados funtivos⁶ da função sígnica (figura 4.2).

Figura 4.2

A função sígnica.



Mais tarde Eco diria, comentando a função sígnica de Hjelmslev e fazendo referências a exemplos como os que criamos: *em todos os casos o que entra em crise é a noção ingênua de signo, que se dissolve numa rede de relações múltiplas e mutáveis* (Eco, 1976, p. 40). Não se trata de deixar de usar o conceito de signo, significante e significado de Saussure mas o seu uso só está autorizado a partir destas considerações.

⁵ A correlação de que se fala precisa ser entendida como uma pressuposição da expressão em relação ao conteúdo e vice-versa (em lógica diria-se “sse”). Por exemplo, na língua portuguesa existe uma função sígnica que une a expressão falada “planta” ao conteúdo “vegetal” na medida em que, a expressão “planta” (e não a expressão “anta” ou qualquer outra) pressupõe o conteúdo “vegetal” e, inversamente, o conteúdo “vegetal” (e não o conteúdo “letal” ou qualquer outro) está para a expressão “planta”. De outra forma, nas palavras de Hjelmslev, “uma expressão só é expressão porque é expressão de um conteúdo, e um conteúdo só é conteúdo porque é conteúdo de uma expressão” (Hjelmslev, 1943, p. 67).

⁶ Funtivo refere-se aos terminais da função sígnica.

Hjelmslev atribui a cada plano, de expressão e de conteúdo, dois componentes: a **forma** e a **substância**⁷. Expressões no plano de expressão e conteúdos no plano de conteúdo são formadas sobre alguma substância. Diversas podem ser as substâncias para uma forma: um certo gesto, um som, um arranjo particular de pixels sobre uma tela, alguns pontos sobre um papel, certos movimentos etc.. Em um dado momento, por convenção social estabelecida de maneira pragmática ou artificial, as substâncias, do plano de expressão e do plano de conteúdo, adquirem cada qual uma forma. Ou seja, a substância do plano de expressão se materializa e se coloca de um modo particular em relação a um conteúdo, e a substância de conteúdo se materializa e se põe de um modo particular em relação à expressão. Chama-se de **matéria** (ou *purport* ou *continuum*) ao meio (som, imagem na tela etc.) perante o qual uma forma se consubstancia, ou seja, se distingue das demais. Por exemplo, consideremos um “a” expresso em tinta preta sobre um papel branco. É matéria a tinta preta e o papel. O “a”, materializado da maneira como está, é substância. Observe que existem outras maneiras de consubstanciar o “a” usando, ainda, a mesma tinta preta e papel como matéria: “A”, “a”, “ı”, “a”, “a”. A forma refere-se ao “a” independentemente de uma maneira particular de materializá-lo. Em computadores a dicotomia entre forma e substância, no plano de expressão, é útil, por exemplo, para se estudar as várias manifestações (substâncias) do mesmo elemento de expressão (forma) (representações verbais e gráficas, vídeo e som, gráficos animados e estáticos etc.). Já a possibilidade de apresentar diferentes características de um mesmo objeto em diferentes *views* (janelas) pode ser entendido como diferentes formas de conteúdo articuladas na mesma substância (Andersen, 1997).

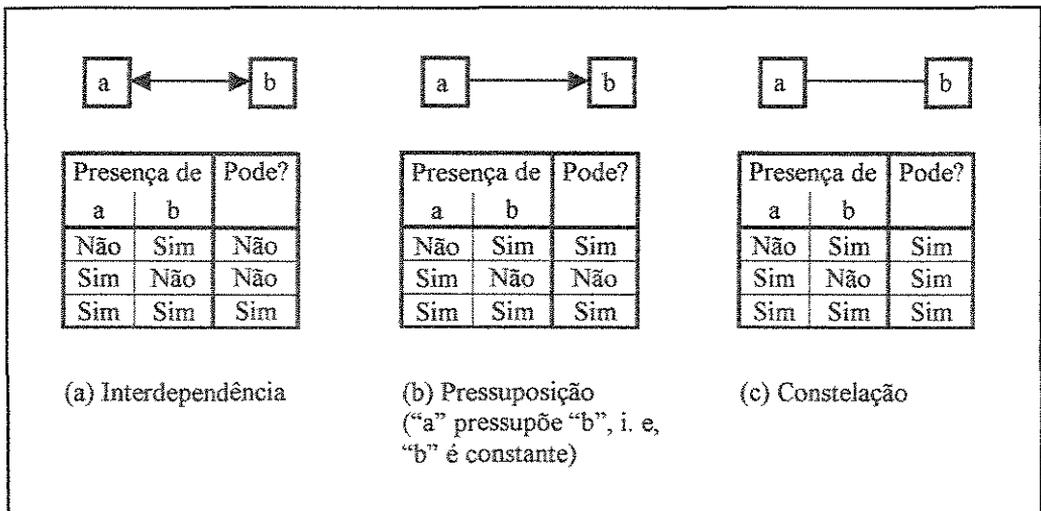
Como vimos anteriormente, a Semiologia se interessa pelas relações entre as unidades que compõem a linguagem. Em outras palavras, aceita-se a hipótese segundo a qual é cientificamente legítimo descrever a linguagem como uma entidade autônoma, imanente, composta de relações internas, ou seja, a linguagem possui uma estrutura (Hjelmslev, 1948). Uma **função** descreve a relação entre dois funtivos. Diz-se que um funtivo é **constante** se sua presença é condição necessária para a presença do outro funtivo com o

⁷ A dupla distinção expressão (singnificante)/conteúdo (significado) e forma/conteúdo foram introduzidos por Saussure mas é Hjelmslev (1954) quem leva esta dupla distinção às suas últimas conseqüências.

qual ele assume uma função. Caso contrário, o funtivo é **variável**. Se a função associa um elemento do plano do conteúdo a um elemento do plano da expressão então estamos diante de um caso especial de função que já discutimos: a função **sígnica**. Mas o conceito de função é geral e pode ser empregado para descrever qualquer relação na teoria da linguagem; por exemplo, descrever a relação que as partes de um sintagma contraem entre si. Hjelmslev (1943) afirma que são três os diferentes tipos de funções que necessitamos em teoria da linguagem: **interdependência**, **pressuposição**⁸ e **constelação**. Interdependência é um tipo de função contraída entre duas constantes, pressuposição é um tipo de função contraída entre uma constante e uma variável e constelação é um tipo de função contraída entre duas variáveis. Podemos representar através de um grafo as funções acima (figura 4.3).

Figura 4.3

Tipos de funções.

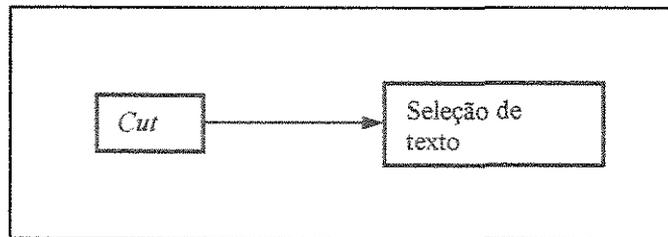


Do exposto, podemos concluir que a função **sígnica** é uma função do tipo interdependência. Em design de interfaces podemos usar estes conceitos para fazer a descrição estrutural dos sintagmas usados na interação Humano-Computador. Por exemplo, em um editor de textos típico, a operação de cortar (*cut*) pressupõe a seleção de um texto (figura 4.4).

⁸ Na verdade, Hjelmslev chama a esta classe de função de **determinação**. Entendemos, como também faz Andersen (1997), que o nome pressuposição é mais apropriado àquilo que esta classe de função representa.

Figura 4.4

A operação Cut pressupõe a seleção de um texto.



Algumas definições nos serão úteis no entendimento do processo de análise semiológica proposto por Hjelmslev. Vejamos. Diz-se que existe uma **coesão** entre dois funtivos quando estes contraem função do tipo interdependência ou pressuposição. Duas unidades de expressão A e B **comutam** em uma linguagem se e somente se trocando A e B ocorre de trocar-se, também, o conteúdo de A e B e vice versa. Por exemplo, no português “p” e “c” comutam uma vez que trocando “p” e o “c”, respectivamente, de “pai” e “cai” ocorre de trocar-se o conteúdo. Já o “c” que ocorre antes de vogais (como em “cotia”) não comuta com o “c” que ocorre após vogais (como em “lactente”). Unidades que comutam são chamadas de **invariantes** enquanto que unidades que não comutam são denominadas **variantes**.

A análise semiológica estruturalista de Saussure procura dividir um sintagma nos signos que o constituem. Hjelmslev, talvez por considerar o conceito de signo impreciso, propõe outra divisão. Novamente a idéia é ir dividindo o todo em partes menores. A partição inicial do texto é entre os planos de expressão e conteúdo, os quais devem ser analisados separadamente, apesar da existência de funções signicas ligando os dois planos. A divisão prossegue em *lexia*, *lexema*, *silabema* e *taxema*. *Lexias* são os últimos elementos que podem funcionar, sozinhos, como todo do qual eles são partes sem qualquer elipse⁹. Isto é, um *lexia* pode combinar-se livremente. Está associado à noção que temos de um período. Os *Lexemas* são partes de um *lexia*, isto é, eles são os primeiros elementos que não podem funcionar como todo do qual eles são partes sem elipse. Está associado à noção que temos de

⁹ Estamos usando o termo “elipse” para aquilo que na edição francesa de Hjelmslev (1943) recebe a denominação de “catalyse”. Para Hjelmslev, existe elipse quando se verifica a existência de coesão entre uma entidade (“fogo!”) e outra entidade que engloba a primeira (“Está pegando fogo!”). De outra forma, podemos compreender a elipse dizendo que a primeira e a segunda entidade são variantes, isto é, não comutam.

sentença. Silabemas são os últimos elementos que, sozinhos, podem funcionar como *lexia*. No entanto, distinguem-se dos *lexia* por pressuporem, sempre uma elipse. Por exemplo, “fogo!” funciona como um silabema na medida em que pode significar, no texto que está sendo analisado, “Está pegando fogo”. *Taxemas* são os elementos produzidos na última divisão do texto, isto é, não podem ser decompostos em partes menores em relação ao texto em análise. Correspondem à noção de fonemas na linguagem falada ou letras na linguagem escrita. Contudo, é possível que os *taxemas* admitam uma decomposição independente do texto. Por exemplo, pode-se decompor os fonemas com o objetivo de fazer uma análise fonológica, mas aí a análise do texto, enquanto texto, já não está mais valendo.

4.4- SEMIÓTICA: Peirce

Hjemslev, em sua *Semiologia*, procura formular instrumentos de análise linguística isentos de qualquer coisa não linguística, evitando o que ele denomina de “contaminações transcendentais”. Neste sentido, a Semiótica de Peirce é exatamente oposta na medida em que entende que uma teoria do sentido só pode existir no meio de um corpo filosófico maior. A Semiótica de Peirce alimenta-se de uma filosofia transcendental que busca nos efeitos práticos, presentes ou futuros, o significado de uma proposição ao invés de ir procurá-lo num jogo de relações internas do discurso (Coelho Netto, 1996). A Semiótica de Peirce não é uma ciência aplicada. Pelo contrário, busca configurar conceitos gerais que podem servir de base para qualquer ciência aplicada.

Para Peirce, o caminho para a filosofia tinha de se dar através da lógica, mais particularmente, através da lógica da ciência. Peirce adota uma concepção ampla de lógica que engloba a lógica que conhecemos, e que se confunde com a própria Semiótica. Pode-se dizer que lógica é um outro termo para a Semiótica de Peirce. A filosofia de Peirce situa-se em um ponto intermediário entre o materialismo e o idealismo. Para Peirce as leis da natureza não são absolutas, mas evolutivas. Qualquer princípio ou lei científica é sempre provisória no sentido de estarem sujeitos sempre a mudanças. O universo está em expansão e a mente humana está em expansão na medida que entende cada vez mais este universo. Este crescimento

repousa sobre bases dialéticas: o pensamento humano gera artefatos concretos capazes de afetar e transformar materialmente o universo, ao mesmo tempo em que é por ele afetado (Santaella, 1996).

É, portanto, dentro do quadro filosófico que Peirce concebe a sua Semiótica (ou Lógica). Para ele a Lógica é a teoria do pensamento deliberado (isto é, autocontrolado) e, sendo o pensamento desenvolvido através de signos, a Lógica deveria ser encarada como a ciência das leis gerais dos signos. A Lógica pode ser dividida em três ramos¹⁰ (Peirce, CP 1.191). (1) A **Gramática Especulativa**, que estuda a natureza geral e significado dos signos, cuja preocupação relaciona-se com as condições gerais pelas quais os signos produzem assertivas. (2) A **Lógica Crítica** que preocupa-se com a classificação dos argumentos, determinando a validade e o grau de força de cada um de seus tipos. (3) A **Retórica** (ou Metodêutica) que dedica-se ao estudo dos métodos a serem observados na investigação, exposição e aplicação da verdade. A Lógica Crítica depende da Gramática Especulativa e a Retórica depende dos outros dois ramos.

Peirce dedicou boa parte de seu trabalho à busca de elementos comuns a todo e qualquer fenômeno. Denominou a estes elementos comuns de **categorias universais** presentes a todo pensamento e toda natureza, pois que são elementos que ocorrem em toda experiência humana (Peirce, CP 1.417-1.421). Estas categorias formam a base para qualquer ciência. São três estas categorias: (1) **primeiridade** (qualidade), (2) **secundidade** (reação) e (3) **terceiridade** (mediação). **Primeiridade** refere-se à qualidade, consciência imediata, indivisível, não analisável. São exemplos: o sabor de uma bebida, o perfume de uma flor enquanto sabor e perfume, pura e simplesmente, sem qualquer reação ou pensamento que lhe podemos associar. **Secundidade** refere-se a reação aos fenômenos externos, e de forma contrária, sentir o fenômeno reagindo à nossa vontade. A qualidade é um sentimento, é puro sentir. Secundidade refere-se à sensação, à ação de um sentimento sobre nós e nossa reação específica. **Terceiridade** refere-se à mediação, a aproximação do primeiro e do segundo, um signo produzido como mediação entre nós e o

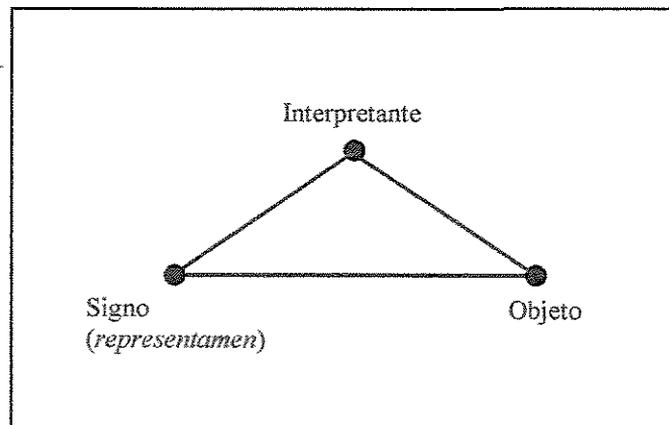
¹⁰ Liszka (1996) e Coelho Netto (1996) comentam que muitos estudiosos têm uma outra concepção desta divisão peirceana, considerando como: (a) Gramática Especulativa o estudo dos signos entre si (sintaxe); (b) Lógica pura o estudo dos argumentos e das relações dos signos com os objetos a que se referem (semântica); (c) Retórica o estudo das relações dos signos com o intérprete (pragmática).

fenômeno. Peirce (CP, 1.350-1.351; 1.374-1.416) exemplifica a presença destas três categorias em diversos fenômenos: na psicologia, na fisiologia, nas teorias da evolução biológica, na física, na teoria do protoplasma e no sistema nervoso.

Ao longo de seu trabalho, Peirce oferece várias definições de signo na tentativa de torná-lo claro e, ao mesmo tempo, genérico bastante para não se limitar a signos no pensamento humano. No início desta tese definimos signo segundo Peirce. Não repetiremos aqui aquela definição mas traremos uma outra na qual o signo é apresentado como uma relação triádica: *o signo (ou representamen) se coloca numa relação triádica genuína com um segundo, seu objeto, de modo a ser capaz de determinar que um terceiro, seu interpretante, assuma a mesma relação triádica com seu objeto na qual ele próprio está em relação com o mesmo objeto. A relação triádica é genuína, isto é, seus três membros estão por ela ligados de um modo tal que não consiste em nenhum complexo de relações diádicas* (Peirce, CP 2.274). De forma gráfica isto pode ser ilustrado como na figura 4.5.

Figura 4.5

O signo como uma relação triádica.



O signo (*representamen*) não é o objeto, dado que ele o representa sob certos aspectos e capacidades (veja a definição da seção 4.1). O signo só funciona como signo porque ele carrega consigo a virtude de representar uma outra coisa: o objeto. O interpretante também não é o objeto e não é o intérprete do signo, mas um processo relacional criado na mente¹¹ do intérprete. E o signo corresponde à relação triádica entre os três elementos. Esta segunda

¹¹ Peirce não se refere a “mente” na acepção psicológica do termo mas como um conceito formal, como um matemático faria.

definição recobre a primeira, mostra o signo como algo que independe de uma mente interpretadora humana¹², e apresenta o *representamen* como um primeiro, o objeto como um segundo e o interpretante como um terceiro.

Mas um interpretante (em uma mente) também é um signo. Desta observação e da definição de signo como uma relação triádica, decorre um conceito bastante difundido com respeito ao trabalho de Peirce: o de *semiose* (mente) ilimitada. A mente é um processo de geração infinita de significações: aquilo que é um terceiro em uma relação triádica torna-se primeiro em outra relação triádica. O interpretante de um signo, determinado por um objeto, transforma-se em um outro signo que remete a outro objeto, num processo que determina um novo interpretante e assim sucessivamente *ad infinitum*. Este processo, teoricamente infinito, na prática é interrompido pelas contingências da vida que fazem com que uma mente interpretadora inicie uma outra semiose.

O signo de Peirce não representa necessariamente alguma coisa para alguém, um ser humano, mas é uma definição abstrata capaz de abranger todo e qualquer fenômeno do universo, possível de se enquadrar na relação lógica subjacente ela. A semiose também não se resume a um processo que se passa na mente de um intérprete existente e palpável mas é algo próprio da ação do signo (Santaella, 1995). O que se tem, portanto, são dois conceitos amplos e abstratos não restritos à uma mente interpretadora humana. Estes conceitos se aplicam também, por exemplo, aos animais, a um quadro coletivo ou social dentro do qual os signos crescem e se desenvolvem, ao estabelecimento de artefatos computacionais por uma equipe de design, a possíveis seres extraterrestres etc..

Resumindo, signos se desenvolvem por meio de um processo dialético de continuidade e crescimento, a semiose, segundo o qual um signo se opõe de forma dialética a seu objeto produzindo ou gerando um outro signo, o interpretante, que sendo também um signo, se opõe de forma dialética ao seu objeto e assim *ad infinitum*.

¹² Vendo signo desta forma, Peirce não limita a sua Semiótica apenas a humanos mas a entende englobando comportamento comunicativo, por exemplo, entre animais ou entre seres de outros planetas.

A aplicação da Semiótica de Peirce a algum campo de conhecimento deve, portanto, procurar nos fenômenos a sua constituição enquanto signo e nos processos subjacentes a estes fenômenos a dialética que os envolve, a semiose.

Muitas vezes os termos signo e *representamen* são empregados como sinônimos. Entretanto existe uma pequena e importante diferença entre os dois: o *representamen* é o primeiro da relação triádica enquanto que o signo refere-se à relação triádica propriamente (Santaella, 1995).

Tomando por base os elementos que perfazem a relação triádica de todo signo, Peirce propõe uma **tipologia dos signos**. Não se trata de mera classificação mas de um instrumento capaz de captar a nossa relação com o signo enquanto produtores e interpretadores que somos deles. São ao todo dez tricotomias, isto é, divisão dos tipos de signos três a três, e sessenta e seis classes de signos. Discutiremos, a propósito é o que também faz Peirce (CP 2.243-2.263), as três primeiras tricotomias e as dez classes delas derivadas (figuras 4.6 e 4.7). Estas três tricotomias são obtidas considerando a relação entre o signo e cada um dos três elementos da relação triádica.

A primeira tricotomia diz respeito à relação do signo consigo mesmo e três são os tipos de signos obtidos: qualissigno, sinsigno e legissigno. É primeiro tudo que aparece como pura qualidade. Um **qualissigno** é uma qualidade atuando como signo. Uma qualidade não pode atuar como signo até que se corporifique. *Mas esta corporificação nada tem a ver com seu caráter de signo* dizia Peirce. Santaella oferece o seguinte exemplo: *uma tela inteira de cinema que, durante alguns instantes, não é senão uma cor vermelha forte e luminosa. Quem assistiu a Gritos e Sussuros, de Bergman, deve se lembrar disso. Era a pura cor, positiva e simples, tão proeminente e absorvente que, no caso, nem sequer se podia lembrar ou perceber que aquela cor estava numa tela* (Santaella, 1996, p. 63). Trata-se, apenas, de qualidade funcionando como signo. Esta qualidade produzirá em uma mente interpretadora alguma coisa como um sentimento vago e indivisível. É este sentimento que funcionará como objeto do signo, uma vez que uma qualidade não representa nenhum objeto mas está aberta à criação, na mente interpretadora, de algum objeto. Um **sinsigno** (isto é singular, simples) é uma coisa ou evento real, que é um signo. Todo segundo pressupõe um

primeiro. Assim, um sinsigno envolve um ou mais qualisignos. Por exemplo, uma mesa, um diagrama de alguma coisa em particular. Um legissigno é uma lei tomada como signo. Todo signo convencional é um **legissigno**. Por exemplo a palavra “café” é um legissigno na medida da convencionalidade de seu significado. Todo legissigno significa através de uma ocorrência sua: uma réplica. Assim, a palavra “café” pode aparecer várias vezes em um texto. Cada vez que aparecer, trata-se de uma nova réplica. Cada réplica é um sinsigno. Isto é, um legissigno requer sinsignos (em outras palavras, o terceiro pressupõe o segundo e o primeiro).

A Segunda tricotomia é estabelecida conforme a relação do signo com seu objeto dando origem aos tipos ícone, índice e símbolo que são amplamente divulgados. Um ícone é um signo que tem semelhança com o objeto

Figura 4.6

As três primeiras tricotomias dos signos.

Categoria	O signo em relação a si mesmo	O signo em relação ao seu objeto	O signo em relação a seu interpretante
primeiridade	qualissigno	ícone	rema
secundidade	sinsigno	índice	Dicissigno (ou discente)
terceiridade	legissigno	símbolo	argumento

representado. São exemplos de signos icônicos: uma fotografia de uma pessoa, a escultura de uma mulher etc.. Um **índice** é um signo que se refere ao objeto denotado em virtude de ser diretamente afetado por este objeto. Por exemplo: fumaça é signo indicial de fogo, uma pegada é signo indicial para o animal que a produziu etc. Dado que um índice é afetado pelo seu objeto, então ele tem alguma qualidade em comum com o seu objeto. Portanto, todo índice envolve algum ícone (o segundo pressupõe o primeiro). Um **símbolo** é um signo que se refere ao objeto denotado em virtude de uma lei, normalmente uma associação de idéias gerais que opera no sentido de fazer com que o símbolo seja interpretado como se referindo àquele objeto. Um símbolo é marcado pela arbitrariedade. Exemplos: a palavra “gato”, a cor verde como símbolo de esperança etc..

A terceira tricotomia refere-se à relação do signo com o seu interpretante o que nos conduz aos tipos rema, dicissigno e argumento. Um **rema** é um

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

signo que, para seu interpretante, funciona como signo de uma possibilidade qualitativa, isto é, é entendido como representando esta ou aquela espécie de objeto possível. São exemplos: a cor azul no céu, a palavra “azul” escrita aqui supondo que seja interpretada como uma qualidade. Um **dicissigno** é, para seu interpretante, um signo de existência real, concreta. Exemplos: João (uma pessoa). Um **argumento** é, para seu interpretante, um signo de lei, correspondendo a um juízo. Um silogismo “A é B, B é C, portanto A é C” é exemplo de um argumento.

As três tricotomias dos signos, em conjunto, proporcionam uma divisão dos signos nas dez classes de signos que apresentamos na figura 4.7.

Figura 4.7

Dez classes de signos.

Classe	Comentário	Exemplos
Qualissigno (qualissigno icônico remático)	Trata-se da qualidade tomada como signo. Em relação ao objeto a qualidade, por ser qualidade, só pode representá-lo por similaridade, isto é, ícone. Como uma qualidade é uma mera possibilidade lógica, só pode ser interpretada como rema.	Sensação do vermelho
Sinsigno icônico (sinsigno icônico remático)	Refere-se a uma coisa ou evento real cujas qualidades fazem com que signifique um objeto. Tendo semelhança com um objeto é um ícone e envolve, portanto, qualidades. Como uma qualidade é uma mera possibilidade lógica, só pode ser interpretada como rema.	Um certo diagrama
Sinsigno indicial remático	Refere-se a uma coisa ou evento real mas tal que dirige a atenção para um objeto pelo qual sua presença é determinada.	Um grito de dor
Sinsigno dicente (sinsigno indicial dicente)	Coisa ou evento real que funciona como signo de algo que o afeta diretamente. Combina dois tipos de signos: um sinsigno icônico para corporificar a informação e um sinsigno indicial remático para indicar o objeto ao qual a informação se refere.	Cata-vento
Legissigno icônico (legissigno icônico remático)	Refere-se a todo tipo de lei geral, na medida em que exige que cada uma de suas ocorrências se corporifique numa qualidade que o torna adequado para trazer à mente a idéia de um objeto semelhante. Sendo um ícone deve ser uma rema. Sendo um legissigno deverá se fazer através de réplicas.	Um diagrama genérico
Legissigno indicial remático	É uma lei que requer que cada uma de suas ocorrências seja afetada por seu	Um pronome demonstrativo

	objeto de tal modo que simplesmente atraia a atenção para este objeto. Cada uma de suas réplicas será um sinsigno indicial remático. O interpretante de um legissigno indicial remático interpreta-o como um legissigno icônico.	
Legissigno indicial dicente	É uma lei cujas instâncias são afetadas por seu objeto de modo a dar uma informação sobre este objeto.	A placa de trânsito com um "E" inscrito num círculo vermelho no local onde está colocada
Legissigno simbólico remático	É um signo ligado a seu objeto através de uma convenção de tal modo que sua réplica traz à mente um conceito geral e a réplica é interpretada como um signo de um objeto que é uma instância deste conceito.	Um substantivo comum
Símbolo dicente (legissigno simbólico discente)	Signo que representa seu objeto através de uma convenção e é interpretado sob a forma de um enunciado.	Toda proposição do tipo "A é B"
argumento	É um signo cujo interpretante está para seu objeto como sendo uma lei segundo a qual a passagem das premissas para a conclusão tende a ser verdadeira.	Toda proposição do tipo "A é B, B é C, portanto, A é C"

Para finalizar, a teoria Semiótica de Peirce é uma teoria signica do conhecimento. *Todo pensamento se processa por meio de signos. Qualquer pensamento é a continuação de um outro, para continuar em outro. Pensamento é diálogo. Semiose ou autogeração é, assim, também sinônimo de pensamento, inteligência, mente, crescimento, aprendizagem e vida* (Santaella, 1995, p. 19).

4.5- A SEMIÓTICA NOS TRABALHOS DE UMBERTO ECO

Antes de apresentarmos o quadro de Semiótica Geral proposto por Eco será útil discutir alguns conceitos. Entende-se por **processo comunicativo** a passagem de um sinal (que não significa necessariamente um signo) de uma fonte, por intermédio de um transmissor, ao longo de um canal, até um destinatário (ou ponto de destinação) (Eco, 1976). Pode existir processo comunicativo sem que haja significação, isto é, o destinatário pode perceber o sinal e não associar nenhum significado a ele. Há um **processo de significação** quando, com base em regras culturalmente estabelecidas, algo materialmente presente à percepção do destinatário está para alguma outra

coisa. Estas regras culturalmente estabelecidas formam um **código**, isto é, um sistema de significação que une entidades presentes a entidades ausentes (Eco, 1976). O código é o artefato que permite a um destinatário entender que se trata de um “cão” quando ele percebe a palavra “cão”. Mas é preciso que uma coisa fique clara em relação à definição de processo de significação: a única condição necessária à existência de um processo de significação é a existência de um código culturalmente estabelecido. Ou seja, a percepção do destinatário e sua correspondente interpretação do sinal não são condições necessárias para a relação de significação: ... *basta que o código estabeleça uma correspondência entre o que está para e seu correlato, correspondência válida para todo destinatário possível, ainda que não exista ou nunca possa existir um destinatário* (Eco, 1976, p. 6).

Uma **Semiótica da Significação** tem por objeto processos de significação enquanto que uma **Semiótica da Comunicação** leva em consideração processos de comunicação. Eco entende que quem pretende, hoje, traçar um quadro de Semiótica Geral, o qual ele toma por empreitada na obra *Tratado Geral de Semiótica* (Eco, 1976), deve considerar, em conjunto, pesquisas dos dois pontos de vista. Assim, ele estrutura seu quadro de Semiótica Geral a partir de uma **teoria dos códigos** e uma de **teoria da produção signica**. A primeira desenvolve uma Semiótica da Significação enquanto que a segunda refere-se a uma Semiótica da Comunicação. É possível estabelecer uma Semiótica da Significação totalmente independente de uma Semiótica da Comunicação (não é o que Eco faz com a sua teoria dos códigos). Contudo, é impossível estabelecer uma Semiótica da Comunicação que seja independente de uma Semiótica da Significação, uma vez que a primeira pressupõe a segunda.

O conceito central à teoria dos códigos é o de código. Um código (ou sistema semiótico) é o artefato que estabelece a correlação entre um plano de expressão e um plano de conteúdo. Não deve ser confundido com uma **função signica**¹³ que estabelece a correlação entre a forma¹⁴ de um funtivo no plano da expressão e a forma de um funtivo no plano do conteúdo. Assim, compreende-se que o código refere-se a um conjunto de relações.

¹³ Veja a definição de função signica na seção que trata da Semiologia de Hjelmslev.

¹⁴ Veja a discussão sobre forma, substância e matéria na seção que trata da Semiologia de Hjelmslev.

São exemplos de código: linguagens naturais, linguagens de programação, o código morse etc.. O código estabelece estas relações à base da definição de **tipos** gerais produzindo, assim uma regra que possibilita a geração de **ocorrências** (*tokens*) destes tipos, o que comumente se denomina signo. Por exemplo, pode-se dizer que cada instância da palavra “semiótica”, neste texto, é uma ocorrência de um tipo geral que define a expressão desta palavra dentro do sistema semiótico que estamos usando para escrever.

Códigos não são fixos mas podem mudar ao longo do tempo. O intérprete de um texto, muitas vezes, é obrigado a desafiar o código existente e fazer hipóteses interpretativas ao se deparar com códigos ou porções de código ainda não existentes. Fenômenos como este nutrem e enriquecem o universo dos códigos fazendo-os mudar. Um destes fenômenos é a hipocodificação, outro é a hipercodificação. A **hipocodificação** é a operação em que, na ausência de regras precisas, porções de textos são provisoriamente admitidas como unidades pertencentes a um código em formação (Eco, 1976). Pode-se chamar ao código em formação de **hipocódigo**. Por exemplo, imagens produzidas por civilizações longínquas são compreendidas por meio de hipocodificação. Pode-se dizer que a hipocodificação parte de códigos inexistentes (ou não conhecidos) para chegar em códigos potenciais e genéricos. A **hipercodificação** faz o caminho inverso: ela parte de códigos existentes e bem definidos, poder-se-ia dizer um **hipercódigo**, para chegar em códigos mais analíticos. Por exemplo, é hipercodificação o que fez um certo ministro do trabalho há algum tempo atrás, ao inventar a palavra “imexível”; nós podemos interpretá-lo graças a uma regra retórica que, no hipercódigo em questão, admite tal combinação sintagmática. Eco nos traz outro exemplo: admitindo que existe um código icônico que permite reconhecer uma mulher carregando um par de olhos em um prato, a hipercodificação permite-nos inferir que esta mulher representa Santa Luzia.

A exemplo de Hjelmslev, Eco entende ser a noção de signo imprecisa e ingênua e prefere falar da existência de funções signícas, também. Não descarta, contudo, o conforto do uso do termo signo nas discussões coloquiais, assim o definindo: *tudo quanto, à base de uma convenção social previamente aceita, possa ser entendido como algo que está no lugar de outra coisa* (Eco, 1976, p. 11). Pode-se dizer que a teoria dos códigos trata da estrutura geral da função signíca, os fúntivos em seus planos de expressão

e conteúdo e as possibilidades gerais de codificação e decodificação previstas em um código.

Já a teoria da produção sógnica refere-se ao trabalho realizado ao se produzir signos, mensagens, textos, pinturas etc.. Tal trabalho envolve o esforço físico e psíquico requerido na produção do sinal, o trabalho requerido na escolha de sinais entre os sinais disponíveis e, por fim, o trabalho para identificar unidades expressivas a combinar em seqüências expressivas, mensagens, textos etc.. Este trabalho pode ser dividido em três atividades intimamente relacionadas: (1) trabalho para manipulação do *continuum* expressivo, isto é, trabalho para produzir a parte física do signo, ou seja, uma unidade no plano de expressão; (2) trabalho de correlação da expressão formada a um conteúdo; (3) trabalho de conexão entre signos a eventos reais, coisas ou estados do mundo (Eco, 1976).

Eco critica o iconismo e considerada insustentável a tipologia peirceana de símbolo, ícone e índice entendendo que estas categorias ocultam uma série de funções sógnicas passíveis de segmentação quando se considera os modos de produção de signos. Assim, afirma: *uma tipologia dos signos deverá ceder lugar a uma tipologia dos modos de produção de signos* (Eco, 1976, p. 173). Eco propõe, portanto, uma classificação dos modos de produção e interpretação sógnica que leva em conta quatro parâmetros (Eco, 1976):

1. Trabalho físico necessário à produção da expressão. Este trabalho varia desde um extremo em que basta ao emissor reconhecer e selecionar um signo já existente para o conteúdo que ele quer veicular até outro extremo onde ele deve inventar expressões inéditas e não codificadas. Por exemplo, para veicular o conteúdo “cão” pode-se: em um extremo usar a palavra “cão” pelo simples reconhecimento da sua existência e de sua adequação ao conteúdo a veicular e, em outro extremo, desenhar um cão.
2. A relação entre tipo e ocorrência (*ratio facilis* ou *ratio difficilis*). Diz-se que uma ocorrência expressiva de um signo é um caso de *ratio facilis* quando existe um tipo de expressão previamente codificado para um certo conteúdo. Em contrapartida, a ocorrência é um caso de *ratio difficilis* quando isto não acontece ou quando o tipo expressivo é idêntico ao tipo de conteúdo (Eco, 1976). Por

exemplo, a palavra “livro” em um texto é um caso de *ratio facilis* na medida em que ela é uma ocorrência previamente codificada para o conteúdo “livro” sob o sistema semiótico que estamos usando neste texto. Já o uso de um livro para veicular o conteúdo “livro” constitui um caso de *ratio difficilis*.

3. O continuum a formar (homomatérico ou heteromatérico). Um continuum é homomatérico quando a expressão é formada na mesma matéria¹⁵ do referente e heteromatérico caso contrário. Por exemplo, todas as ostensões¹⁶ são homomatéricas (usar “xerox” para veicular “fotocópia”). Em contrapartida, a palavra “João da Silva”, escrita aqui à tinta neste papel, e que possui como referente uma pessoa de carne e osso, se materializa de maneira heteromatérica.
4. O modo e a complexidade da articulação, que pode variar desde os sistemas semióticos com unidades combinatórias até sistemas semióticos não analisáveis. Por exemplo, linguagens naturais possuem regras de combinação entre suas unidades (gramática) ao passo que códigos gráficos ou visuais (um ícone ou um discurso icônico) não possuem tais regras.

4.6- ABORDAGENS SEMIÓTICAS EM DESIGN

Nesta seção nós comentamos os pontos relevantes das principais abordagens semióticas ao design de software relatadas na literatura. Estas abordagens não devem ser vistas como alternativas às abordagens cognitivas tradicionais mas como um complemento das mesmas (Andersen, 1997; Souza, 1993). As abordagens cognitivas tradicionais focalizam o ser humano interagindo com a interface, o seu sistema motor, a sua percepção, aprendizagem e outros

¹⁵ Veja discussão sobre forma, substância e matéria na seção que trata da Semiologia de Hjelmslev.

¹⁶ Uma ostensão se dá quando um dado objeto é selecionado por alguém e é mostrado como expressão da classe de objetos da qual é membro. Este é o recurso de comunicação usado, inicialmente, por duas pessoas que não conhecem a mesma língua. Em princípio ostensões parecem, sempre, ser um caso de *ratio difficilis*. No entanto, elas se tornam um caso de *ratio facilis* à medida em que são, naturalmente, convencionadas.

processos mentais. As abordagens semióticas possibilitam uma perspectiva interpessoal, social, cultural, focada na expressão e interpretação dos elementos da interface do software.

De certo modo podemos dizer que, no início, o computador era visto como uma ferramenta que possibilitava ao ser humano desenvolver tarefas com confiabilidade e rapidez. O desenvolvimento de teorias cognitivas sobre a interação Humano-Computador trouxe-nos uma visão do computador como uma ferramenta cognitiva que possibilita ao humano ampliar sua capacidade de entendimento, memorização e tomada de decisão. Do ponto de vista semiótico o computador é visto como uma mídia como livro, cinema, teatro e televisão (Andersen, Holmqvist e Jensen, 1993). Nós entendemos que estes pontos de vista não são antagônicos mas representam diferentes fotografias da mesma peça sob diferentes ângulos.

Quando associamos ao computador o papel de uma mídia não nos referimos, apenas, às aplicações do tipo correio eletrônico, vídeo-conferência, ou em geral, a aplicações classificadas como *Groupware* e *CSCW (Computer Supported Cooperative Work)*, para as quais o papel de mídia torna-se evidente. Referimo-nos a todo e qualquer software na mesma medida em que, por exemplo, um pincel de um software de desenho, representado por uma coleção de pixels na tela, é signo para um pincel. Isto é, este algo está sob certas capacidades para um pincel, veicula o significado de um “pincel” tal e qual a palavra “pincel” escrita em um livro.

A Semiótica é uma ciência antiga, pelo menos quando comparada à Ciência da Computação, e muito tem sido escrito sobre sua aplicação a diversos campos do conhecimento humano. Quando nós associamos ao computador o papel de uma mídia, nós ganhamos a possibilidade de “transferir” para a Ciência da Computação a forte base teórica conhecida sobre a aplicação de métodos semióticos na análise e criação de outras mídia: teatro (Guisburg e Coelho Netto, 1988), cinema (Metz, 1991), análise de pinturas (Schapiro, 1996), revistas, jornais e televisão (Bignell, 1997). Afinal, computadores são mídia nas quais pode-se produzir e veicular signos, máquinas para gerar interpretação. Isto motiva o desenvolvimento de uma Semiótica Computacional.

A **Semiótica Computacional** é uma disciplina semiótica que estuda a natureza e uso dos signos baseados no computador (Andersen, 1997). O objeto de estudo da Semiótica Computacional não se resume somente ao design de software. Por exemplo, programação e modelagem de sistemas também podem ser entendidos do ponto de vista da Semiótica. Programação e modelagem não são, apenas, engenharia mas atividades de criação de signos, comparáveis a atividades de um escritor, diretor (de teatro, cinema, televisão) ou pintor cujo objetivo é o de criar significados.

Nadin (1988, 1988 a) apresenta uma das primeiras tentativas de se aplicar semiótica ao design de interfaces, baseado na Teoria Semiótica de Peirce. Andersen (1997) encontrou na Escola semiológica européia, fundada por Saussure e desenvolvida por Hjelmslev, o substrato teórico que permitiu a ele propor uma nova disciplina semiótica: a Semiótica Computacional. Tendo por base a teoria da produção signica de Eco, Souza (1993) propõe uma Engenharia Semiótica ao design de linguagens de interface do usuário. A seguir descrevemos os trabalhos de Andersen, de Souza e algumas outras aplicações da Semiótica ao design de software.

A Semiótica Computacional de Andersen

Andersen (1997) é uma edição renovada de um trabalho amplo, cuja primeira publicação é de 1990, que aplica a semiologia não só ao design de interfaces mas também à programação, análise e projeto de software. Neste texto estamos descrevendo, apenas, os aspectos da teoria criada por Andersen relacionados ao design de interfaces.

Tendo encontrado dificuldade de aplicar diretamente os métodos estruturalistas propostos pela Semiologia de Hjelmslev, Andersen os adapta, estende e redefine algumas terminologias com o objetivo de melhor acomodá-los ao design de interfaces. Vejamos.

Hjelmslev considera a linguagem como uma unidade autônoma, própria de si mesma, isto é, **imane**nte. Andersen (1997) observa que, desde que o usuário trabalha com sistemas de computadores por meio de signos e desde que a introdução de computadores é freqüentemente acompanhada por mudanças em uma organização, nós devemos reconhecer que existe uma interação

entre trabalho, organização e linguagem. Esta interação promove mudanças, se não na linguagem natural usada pelo usuário, no mínimo na linguagem que ele usa no trabalho. Assim a linguagem que necessitamos analisar não deve ser considerada imanente.

Um outro desvio em relação à Semiologia tradicional, consiste em se adotar o **dialeto**¹⁷ e não a linguagem nacional como material básico para análise semiológica. A linguagem nacional é a linguagem característica de um determinado país enquanto que um dialeto refere-se à linguagem usada em algum tipo de situação como vender, jogar futebol etc.. A razão disto reside no fato de que desenvolve-se design de interface para alguma situação particular de trabalho como escrever, desenhar etc.. Mais especificamente ainda, a linguagem que deve ser usada para análise semiológica é o **dialeto baseado no computador**: um **corpo de signos** que inclui signos residentes na interface e o dialeto usado no trabalho do usuário (Andersen, 1997).

A interface é vista, por Andersen, como uma coleção de signos baseados no computador, isto é, todas as partes do software que podem ser vistas ou ouvidas, usadas e interpretadas por uma comunidade de usuários. Para Andersen, o design da interface deve emergir dos padrões de uso¹⁸, isto é, da maneira como o usuário faz uso do dialeto baseado no computador. O design é visto como um processo iterativo onde propostas são continuamente desenvolvidas, usadas e avaliadas. Pressupõe-se que, em cada ciclo da iteração do design, existe um corpo de signos para ser analisado¹⁹. A Semiologia de Hjelmslev suporta bem este método de design porque é descritiva e analítica. Assim, pode-se analisar as relações entre as unidades que compõem a linguagem e propor, com base nesta análise, possíveis modificações com o objetivo de adequar o design dos signos da interface aos padrões recorrentes de uso do dialeto baseado no computador.

¹⁷ Estamos usando o termo dialeto para traduzir o que Andersen denomina *register*.

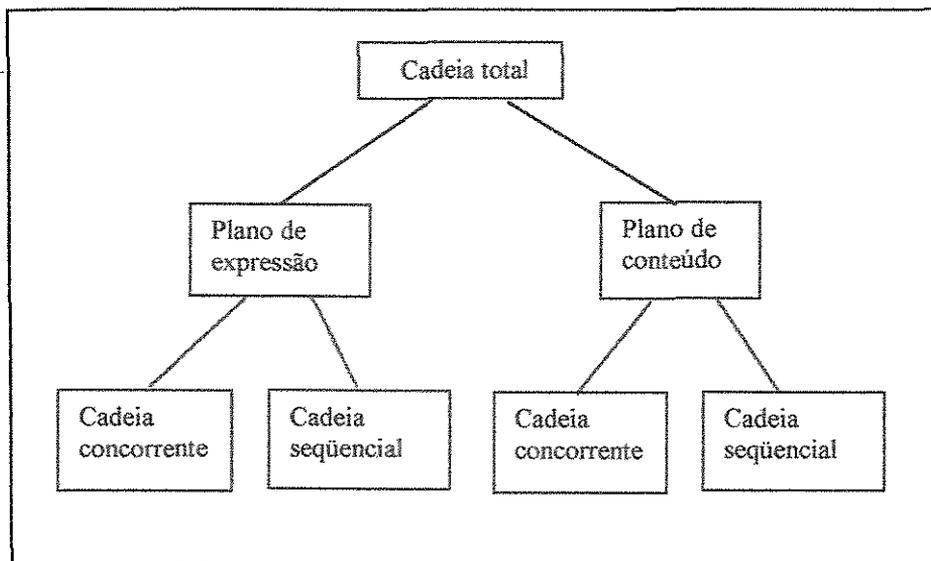
¹⁸ Veja definição de “uso” na seção sobre a Semiologia de Saussure.

¹⁹ O dialeto baseado no computador é composto do dialeto de trabalho do usuário mais um corpo de signos residentes na interface. Caso ainda não exista interface, situação que ocorrerá quando nenhum protótipo tiver sido desenvolvido, o dialeto baseado no computador reduz-se à linguagem de trabalho do usuário e o corpo de signos a ser analisado deve ser buscado, portanto, tão somente na linguagem de trabalho.

O processo de análise semiológica estruturalista de Hjelmslev se faz, distintamente, sobre o plano da expressão e sobre o plano do conteúdo. Andersen entende que isto não se aplica imediatamente à análise de signos baseados em computador. Diferente dos signos usados nas linguagens verbais, que ocupam, sempre, a mesma posição ao longo do tempo, os signos baseados em computador são transientes no sentido que podem alterar suas características tais como cor ou posição que eles ocupam na tela. Assim, Andersen propõe que a análise de cadeias de signos baseadas em computador leve em conta cadeias **concorrentes**, isto é, aquelas compostas de signos e partes de signos que ocorrem juntos no mesmo ponto do tempo e cadeias **seqüenciais**, ou seja, cadeias de signos ou partes de signos que ocorrem um após o outro em diferentes pontos no tempo. A estratégia de análise consiste em analisar, em cada plano (expressão e conteúdo), as cadeias seqüenciais e concorrentes separadamente. Isto encontra-se ilustrado na figura 4.8.

Figura 4.8

As quatro cadeias formadas por signos baseados em computador.



A análise é feita sob as perspectivas concorrente e seqüencial para cada plano e, como sugere Hjelmslev, dividindo o todo em unidades menores. Contudo Andersen prefere usar uma terminologia diferente da usada por Hjelmslev. Assim, Andersen usa os termos **tarefa**, **ação**, **indicador** e **taxema** para o que Hjelmslev chama, respectivamente, de *lexia*, *lexema*, *silabema* e *taxema* (veja a seção sobre a Semiologia de Hjelmslev para as

definições destes termos). Como exemplo, consideremos a seguinte cadeia seqüencial, no plano de expressão²⁰, que normalmente ocorre em software de desenhos típicos: “selecionar ferramenta retângulo + desenhar retângulo + selecionar ferramenta pincel + desenhar à mão livre”. Isto não é uma tarefa porque esta cadeia pode ser dividida em duas partes, “selecionar ferramenta retângulo + desenhar retângulo” e “selecionar ferramenta pincel + desenhar à mão livre”, que podem funcionar, sozinhas, como um todo. Cada uma destas partes constitui, entretanto, uma tarefa já que, no processo de divisão, estas são as últimas partes que podem funcionar como um todo do qual elas são partes sem qualquer elipse. São ações: “selecionar ferramenta retângulo”, “desenhar retângulo”, “selecionar ferramenta pincel” e “desenhar a mão livre”, uma vez que, em nosso processo de divisão, estes são os primeiros elementos que estamos encontrando que não podem funcionar como um todo dentro do todo de que são partes. Podemos encontrar os *taxemas* se nos permitirmos ver, em detalhes, estas ações. Tomemos, por exemplo, a ação “desenhar retângulo” que, detalhadamente, constitui-se de “pressionar botão do *mouse* + arrastar o *mouse* + liberar botão do *mouse*”. Assim, “pressionar botão do *mouse*”, “arrastar o *mouse*” e “liberar botão do *mouse*” são *taxemas* pois são os últimos elementos da divisão. Se considerarmos apenas a cadeia analisada, teremos a relação entre as unidades que a compõem mostrada na figura 4.9-a e, de forma gráfica, usando as funções glossemáticas de Hjelmslev, o que se apresenta na figura 4.9-b.

Do ponto de vista teórico a Semiótica Computacional de Andersen tenta adaptar a Glossemática de Hjelmslev à mídia computacional, que se diferencia de outras mídias principalmente por sua forte característica interativa.

A Semiótica Computacional de Andersen é analítica e estruturalista. Isto é, ela propõe a criação de modelos para os sintagmas presentes na linguagem da interface para depois analisá-los segundo um sistema de classificação e, a partir daí, verificar inconsistências internas ao próprio discurso da interface ou inconsistências entre o discurso da interface e o dialeto falado pelos

²⁰ Neste caso específico, existe, no plano do conteúdo, uma cadeia isomórfica à que estamos considerando. Isto é, a cada unidade de expressão, nesta cadeia, corresponde uma e somente uma unidade de conteúdo. A decorrência imediata disto é que a análise que estamos fazendo no plano de expressão é a mesma que faríamos se estivéssemos considerando a correspondente cadeia no plano de conteúdo.

usuários na linguagem de trabalho utilizada. A Semiótica Computacional de Andersen está bem consolidada teoricamente e o seu autor preocupa-se, em seus textos, em mostrar como ela pode ser aplicada na prática.

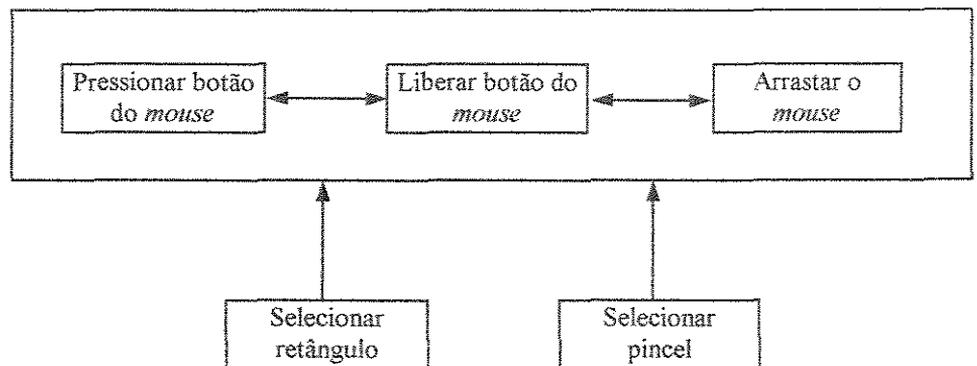
No entanto, há uma importante limitação no uso da Semiótica de Andersen que tem origem na teoria semiótica que a sustenta (a Glossemática). A Glossemática presta-se à definição da estrutura da linguagem da interface mas não oferece um formalismo adequado para descrever os processos dinâmicos que compreendem a atividade de design enquanto processo. Provavelmente é esta carência que têm motivado o autor a tentar desenvolver nos últimos anos aquilo que ele denomina de Semiótica Dinâmica (Andersen, 1999), cuja preocupação está nos processos (e não na estrutura) dos fenômenos.

Figura 4.9

(a) Tabela mostrando as relações entre as unidades da cadeia analisada e (b) análise semiológica estruturalista da cadeia tomada como exemplo.

Tarefas	Unidades				
	Selecionar retângulo	Selecionar pincel	Pressionar botão do mouse	Liberar botão do mouse	Arrastar o mouse
“Selecionar retângulo” + “desenhar retângulo”	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
“Selecionar pincel” + “desenhar à mão livre”	Não	Sim	Sim	Sim	Sim

(a)



(b)

A Engenharia Semiótica de Souza

Souza (1993) propõe uma Engenharia Semiótica para o design de linguagens de interface do usuário que vê a interface como um artefato de metacomunicação. Isto é, a interface é composta por mensagens enviadas do designer para o usuário de tal modo que cada mensagem, por sua vez, pode enviar e receber mensagens do usuário. Neste sentido, a interface cumpre dois papéis: (1) comunicar a funcionalidade da aplicação (o que a interface representa, que tipos de problemas ela está preparada para resolver) e o modelo de interação (como pode-se resolver um problema); (2) possibilitar a troca de mensagens entre usuário e aplicação.

Na Engenharia Semiótica o foco está na comunicação unidirecional e indireta do designer para com os usuários. *O que o designer transmite não é uma mensagem como a de um documento multimídia, um livro, ou um filme, mas uma mensagem interativa e dinâmica: um sistema de comunicação (para a interação) e um resolvidor de problemas (a funcionalidade da aplicação)* (Leite e Souza, 1999, art. 23, p. 2). O designer cumpre um papel comunicativo explícito ao se utilizar da interface para dizer algo ao usuário. Por sua vez, o usuário cumpre os papéis de agente da interação e de receptor da comunicação indireta do designer.

Souza (1993, p. 764), apoia-se na teoria da produção sógnica de Eco (1976) e, em especial, nos seus quatro parâmetros dos modos de produção de signos para definir quatro diretrizes básicas para se desenvolver os signos da interface do usuário:

- Designers de linguagem de interface do usuário devem produzir signos que sejam reconhecidos como códigos de expressão existentes para o conteúdo pretendido. Isto é, o designer deve preferir expressões existentes do que inventá-las.
- Designers de linguagem de interface do usuário devem tentar selecionar expressões que sejam reconhecidas como uma ocorrência de um tipo estabelecido do sistema de expressão que descreve o conteúdo pretendido. Isto é, o designer deve preferir expressões freqüentemente usadas pela comunidade de usuários que se pretende privilegiar no design do que as não comuns.
- Signos na interface do usuário que se referem ao domínio da aplicação devem ser heteromáticos enquanto que os elementos de entrada e saída devem ser homomáticos. Isto é, objetos do domínio da aplicação devem ser heteromáticos porque o significado que os usuários associam a eles é tomado do mundo real. Dispositivos de entrada e saída, pelo contrário, só tem significado dentro do computador e, portanto, devem ser homomático. Janelas, a despeito de seu nome também se referir a objetos usados na construção, são entidades computacionais de um tipo especial. Os usuários podem movimentá-las, redimensioná-las,

escondê-las etc.. A natureza homomatórica deste signo é que constitui a base para tal rica manipulação.

- Designers de linguagem de interface do usuário devem sempre recorrer a expressões derivadas de um sistema que possua regras de combinação entre seus componentes. Por exemplo, o fato da linguagem da interface do usuário possuir a regra de que a seleção de objetos deve preceder o acionamento de um comando, possibilita aos usuários, uma vez que tenham inferido a regra, a aplicação sistemática da mesma em todas as situações que se fizer necessário.

Hoje, um conjunto de trabalhos aplicam, estendem e contribuem para a fundamentação e consolidação da Engenharia Semiótica. A Engenharia Semiótica vem sendo aplicada, por exemplo, a sistemas de modelagem geométrica (Martins e Souza, 1998), aplicações extensíveis por programação pelo usuário final (Barbosa e Souza, 1999), avaliação da comunicabilidade de software (Souza, Prates e Barbosa, 1999), comunicação multimodal entre designers e usuários (Souza, Prates e Varejão, 1997), interfaces 3D (Coelho e Souza, 1995).

Seguindo um caminho diferente das diretrizes da proposta original da Engenharia Semiótica, Leite e Souza (1999) definem uma linguagem de especificação da mensagem do designer (LEMD) que pode ser integrada em um processo de design no qual protótipos da interface são, num processo cíclico, continuamente desenvolvidos, implementados e avaliados. A LEMD contribui para a Engenharia Semiótica na medida em que possibilita a especificação da mensagem do designer em um nível abstrato, independente de quais signos serão utilizados para concretizá-la na interface. Adicionalmente, regras de mapeamento semântico mostram como a especificação abstrata da mensagem pode ser mapeada nos widgets de ferramentas de interfaces gráficas.

Prates e Souza (1999) propõem um modelo de arquitetura que pode servir de base ao desenvolvimento de ferramentas que apoiam o designer no planejamento de interfaces multiusuário. O modelo permite que o designer descreva o modelo conceitual do grupo subjacente à interface multiusuário, fornecendo indicadores qualitativos sobre a descrição realizada.

Em resumo, a Engenharia Semiótica pode ser vista como um conjunto de trabalhos essencialmente de natureza teórica que tenta estabelecer as bases conceituais para uma disciplina de Engenharia. *A Engenharia Semiótica percebe a interface de uma aplicação computacional como sendo um ato de comunicação unilateral do designer para usuários. ... (a interface) transmite ao usuário a interpretação do designer sobre o seu problema e a forma de interagir com a aplicação para resolvê-lo* (Prates e Souza, 1999, p. 21). Segundo nossa perspectiva, o modelo de comunicação subjacente à Engenharia Semiótica não capta o processo dinâmico de troca de informações entre designer e usuário, cada vez mais presente nas práticas de IHC. A crescente cultura de prototipação (Schrage, 1996; Schmucker, 1996; Tscheligi *et al.*, 1995) e a consciência da necessidade de design participativo (Gärtner e Hanappi-Egger, 1999; Kuhn, 1996; Muller e Kuhn, 1993) dentro das organizações, têm conferido ao usuário final grande influência no processo de design.

Outros trabalhos

Familant e Detweiler (1993) vêem o signo como uma relação entre o sinal (a parte material do signo) e o seu referente no mundo para um intérprete, e propõem um *framework* através do qual a interpretabilidade de um signo pode ser inferida a partir das relações sógnicas entre o sinal e o seu referente. Como exemplo, o pincel em um software de desenho, materializado na tela como um conjunto de pixels, tem como referente no mundo um pincel real. Uma relação sógnica pode ser entendida como um mapeamento entre as características do sinal e do referente sendo que este mapeamento pode: (1) ser icônico ou simbólico, no que se refere às similaridades entre as características do sinal e o do referente; (2) ser direto ou indireto, no que refere à possibilidade do sinal, respectivamente, conotar diretamente o referente ou denotar este referente indiretamente. Segundo este *framework* a interpretabilidade de um signo varia segundo as possibilidades combinatórias entre os pares (icônico, simbólico) e (direto, indireto).

Baranauskas, Rossler e Oliveira (1998), em um estudo de caso com ferramentas comerciais para correio eletrônico, estendem o *framework* de

Familant e Detweiler considerando, no que tange à interpretabilidade dos signos, também o tipo e a quantidade de signos presentes na interface.

Marcus (1992), a partir da tipologia de signos de Peirce, e Lin (1999), a partir de fatores cognitivos e culturais, também fornecem subsídios para a inferência da interpretabilidade e elaboração de signos para interfaces.

As relações de interdependência, pressuposição e constelação da Glossemática são usadas por Oliveira e Baranauskas (1998 b) na modelagem dos sintagmas concorrentes e seqüenciais que ocorrem nos planos de expressão e conteúdo das linguagens subjacentes a uma interface de software. A partir do modelo estabelecido pode-se observar, para fins de avaliação, um conjunto de inconsistências internas ao discurso subjacente à interface e externas no que se refere à linguagem praticada pelos usuários no ambiente onde eles usam a interface.

Jorna e van Heusden (1996) examinam, do ponto de vista da Semiótica, vários estilos de interação e dispositivos usados na interface do usuário com o computador e exploram o papel dos símbolos e dos ícones em diversas aplicações comerciais. Eles mostram em particular que o termo “ícone” é freqüentemente usado de maneira ambígua e que a escolha de ícones em detrimento a outros tipos de signos, nas interfaces de softwares comerciais, em geral é baseada em argumentos falsos.

Tendo interesse na aprendizagem proporcionada por ambientes virtuais quando estudantes visitam ou constróem ambientes virtuais, Winn, Hoffman e Osberg (1997) estabelecem um *framework* teórico que estende a teoria cognitiva pela aplicação de conceitos da Semiótica. O trabalho de Winn, Hoffman e Osberg não está diretamente relacionado ao design de software mas toca indiretamente em questões de design na medida em que discute, do ponto de vista da Semiótica, o sentimento de presença gerado por ambientes virtuais e, em um estudo de caso, a maneira como um grupo de estudantes selecionam signos para representar objetos e eventos nos ambientes virtuais que eles desenvolveram.

Prado e Baranauskas (1999) descrevem uma aplicação prática da Semiótica ao design de uma interface. A partir de um referencial teórico-metodológico que toma como ponto de partida o jargão e as tarefas subjacentes ao domínio

da aplicação, levantados por observação de campo, Prado e Baranauskas procedem a uma análise Semiótica de um certo domínio para produzir uma interface com signos e relações similares aos observados no domínio antes da presença do computador.

A aplicação da Semiótica a problemas computacionais em geral e no design de software em particular está apenas começando mas já se pode encontrar diversos trabalhos neste sentido (Oliveira e Baranauskas, 1998 d). As diversas vertentes da Semiótica, se por um lado constituem riqueza de opções para aplicação a sistemas computacionais, por outro lado endereçam um problema à comunidade interessada em Interação Humano-Computador: o de saber separar as diferentes propostas que, rotuladas com o mesmo termo “semiótica”, podem nada ter em comum. Existem até mesmo trabalhos, como o de Haller (1999) por exemplo, que misturam conceitos da Semiologia saussureana com uma interpretação da Semiótica peirceana, cujos princípios e métodos nada têm em comum.

Capítulo 5

Modelo conceitual, princípios de design e método propostos

- 5.1- Introdução 101
- 5.2- Um modelo conceitual para a interação em ambientes virtuais 108
- 5.3- Princípios sobre os quais o método de design se baseia 114
- 5.4- Visão geral do processo subjacente ao método 117
- 5.5- Os modelos que instrumentam o método 120
 - Modelo de entidades 121
 - Modelo de comunicações 126
 - Modelo de Análise de alternativas 135
 - Poder de expressão dos modelos 138
- 5.6- Análise do domínio do ambiente virtual 138
 - Definição do ambiente virtual, do domínio e dos limites da análise 140
 - Definição das entidades em que o usuário pode imergir 142
 - Coleta de informações sobre o domínio do ambiente virtual 142
 - Identificação das entidades e estabelecimento do modelo de entidades 146
 - Identificação das comunicações e estabelecimento do modelo de comunicações 150
- 5.7- Análise de alternativas 153
- 5.8- Desenvolvimento 155
- 5.9- Avaliação 156

Tendo como pano de fundo a teoria semiótica de Peirce, desenvolvemos um modelo conceitual para a interação em ambientes virtuais e um conjunto de princípios de design da interação nestes ambientes. Com base no modelo conceitual e nos princípios estabelecidos criamos um método de design da interação em ambientes virtuais. Em particular, ilustramos os conceitos discutidos e exemplificamos os processos do método por meio de um experimento que realizamos e de um software que desenvolvemos. O que propomos neste capítulo é um método de design de ambientes virtuais como contribuição à solução do problema da interação nestes ambientes. Não se trata de um método de análise e projeto de software como OMT (Rumbaugh et al., 1991), UML (Jacobson, Booch e Rumbaugh, 1999) e tantos outros mas um método de design que objetiva estabelecer os signos e a relação entre os signos que compõem o ambiente virtual. Mais uma vez salientamos que design, como é entendido nesta tese, não se refere a projeto (veja capítulo 1).

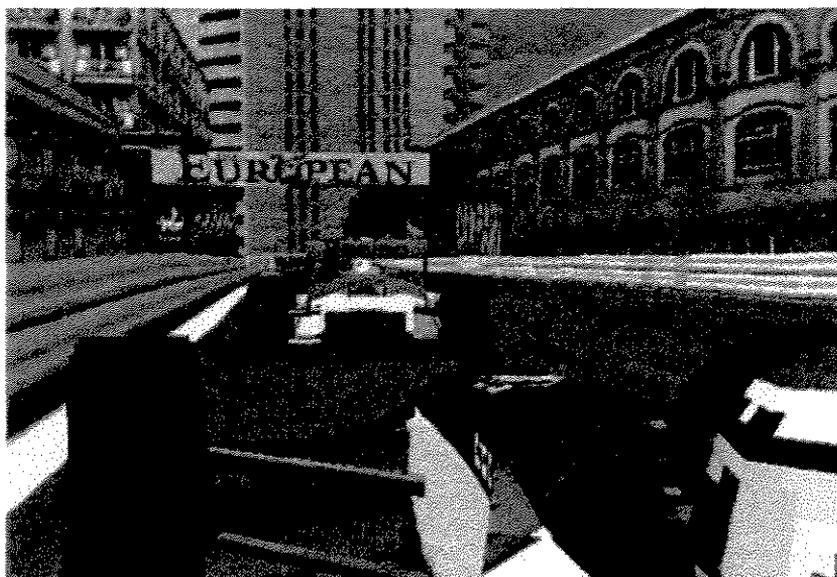
5.1- INTRODUÇÃO

Nas discussões deste capítulo nós utilizaremos, para efeito de ilustração, dois ambientes virtuais desktop: o Grand Prix II e o TC - Teatro no Computador.

O Grand Prix II (figuras 5.1 e 2.17-e) é um ambiente virtual desktop que simula corridas de Fórmula 1, bastante realista, tendo grande nível de precisão e reprodução de detalhes das corridas de Fórmula 1 reais. O Grand Prix II é um aprimoramento do simulador de corridas World Circuit que se tornou famoso pelo seu realismo e pelo seu uso por pilotos da Fórmula 1 que desejavam se familiarizar com os circuitos (Microprose, 1996).

Figura 5.1

Grand Prix II - imagem de uma prova a partir do ponto de vista de uma câmara instalada na lateral de um dos carros no circuito de rua do principado de Mônaco.



O Grand Prix II inclui circuitos, regulamentos, equipes, pilotos e carros exatamente como na Fórmula 1 real. Cada nova versão do Grand Prix II inclui equipes, pilotos e circuitos da última temporada da Fórmula 1. O carro é como um carro de Fórmula 1 real (Microprose, 1996). As molas, os amortecedores, os aerofólios, a pressão aerodinâmica, a relação de marchas, o balanceamento de freios e a altura do veículo são totalmente adaptáveis e afetam o desempenho do carro na corrida.

O simulador admite a competição entre um usuário e pilotos comandados pelo computador ou a competição entre pilotos comandados pelo computador e até dois usuários, conectados através de modems, operando em linha telefônica ou diretamente através de cabos acoplados nas portas seriais dos equipamentos.

As colisões podem danificar os veículos envolvidos nos acidentes. Os danos podem ou não ser sérios o bastante para retirar o carro da prova. Se os danos forem muito grandes então o carro pode ser retirado da pista por um guincho ou empurrado para fora da pista por fiscais de pista.

O piloto é informado pela direção da prova sobre qualquer incidente por meio de bandeiras exibidas por fiscais de pista. Como exemplos, bandeiras amarelas indicam uma situação de perigo (em geral acidente à frente em relação ao ponto onde elas são acenadas). Neste caso, o piloto é obrigado a manter a sua posição e não ultrapassar outros carros até que bandeiras verdes sejam acenadas. Uma bandeira amarela com faixas verticais vermelhas informa problemas de aderência da pista na área após onde ela é sinalizada. Esta bandeira costuma ser usada quando ocorre vazamento de óleo na pista, ou onde uma poça d'água está fazendo os carros rodopiarem ou quando há uma mudança repentina de superfície seca para superfície escorregadia. Uma bandeira dividida diagonalmente pelas cores preta e branca, exibida sem movimento e com um número no meio, é uma advertência ao piloto do carro cujo número é referenciado por ter ele cometido um ato anti-esportivo. Uma bandeira vermelha exibida sem movimento indica que a corrida foi interrompida pelo diretor da prova e que todos os pilotos devem se dirigir aos boxes¹.

O painel da cabine do carro dá ao piloto informações sobre o veículo tais como rotação do motor, marcha, marcha sugerida e quantidade de combustível. Além disso, o painel exhibe também uma série de outras informações transmitidas pela equipe ao piloto. Por exemplo, em um certo ponto do painel uma luz cinza indica ao piloto que o seu box está vazio e que ele será chamado aos boxes a qualquer momento. Uma luz amarela indica que o piloto foi chamado ao seu box e uma luz em forma de uma cruz

¹ O termo "box", de origem inglesa, indica aqui a garagem e o centro de comandos de uma equipe.

vermelha indica que o seu box esta ocupado pelo outro carro da sua equipe. A equipe do piloto ainda o informa sobre o desempenho de outros pilotos na prova (tempos), danos no veículo – um indicador de danos ilumina em um desenho do carro a parte danificada ou com problemas – ou transmite mensagens gerais em linguagem natural escrita por meio de um “visor de cristal líquido”.

Como nas provas de Fórmula 1, cada corrida admite treinos livres, duas sessões de classificação, um aquecimento anterior à corrida (*warm-up*) e a corrida propriamente.

Durante uma sessão de classificação, quando o piloto está parado no seu box, um monitor de telemetria é colocado em frente à cabine do seu carro. O monitor lista os pilotos na corrida indicando o nome do piloto, a posição no grid de largada, o tempo da melhor volta, o tempo que falta para o encerramento do treino de classificação, o número de carros na pista e o número de carros que já encerraram o treino. O piloto pode decidir se volta ou não a tentar uma volta mais rápida, caso ele ainda possua novas tentativas, isto é, ainda haja tempo para o final do treino e ele não tenha atingido o limite regulamentar de 12 voltas. Qualquer infração a estes limites resulta na desclassificação de todos os tempos obtidos pelo piloto na sessão de classificação.

Depois dos treinos e das sessões de classificação o piloto é colocado no grid de largada, junto com os demais pilotos, na posição que ele conquistou nos treinos. Ele deve esperar pelas luzes dos semáforos que autorizam a largada e, então, largar e correr. Ao final da corrida, são exibidas as posições obtidas na prova e nos campeonatos de pilotos e de construtores.

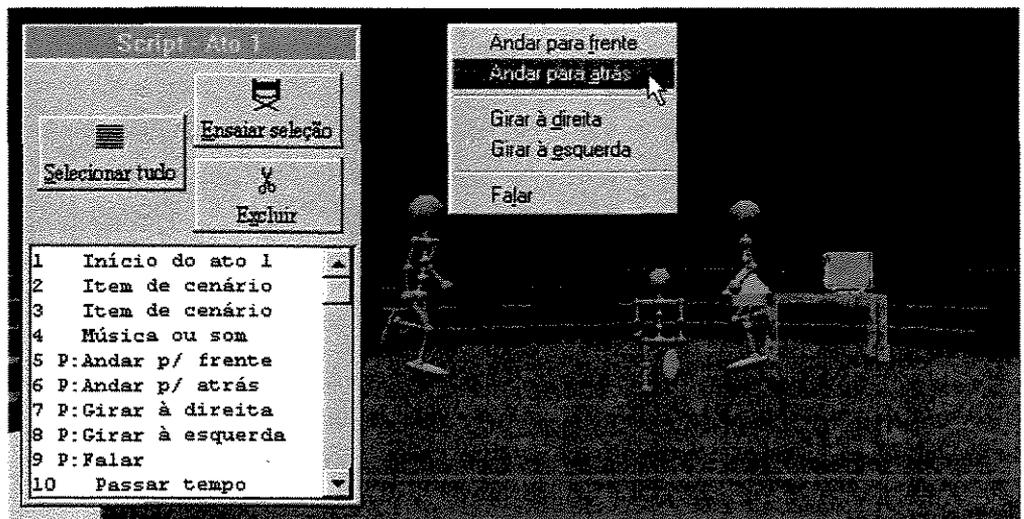
O ambiente virtual Grand Prix II, por ser desenvolvido para fins de entretenimento, conta ainda com um conjunto de opções apropriadas a esta finalidade. Por exemplo, o piloto pode escolher um certo nível de dificuldade, deixar que o computador controle automaticamente a troca de marchas, fazer o tempo passar mais rapidamente após ter conseguido um bom tempo na sessão de classificação e, com isto, chegar mais rapidamente à corrida. O nível de realismo das imagens também pode ser selecionado permitindo alto nível de detalhes ou um nível mais baixo para computadores com desempenho menor.

O TC – Teatro no Computador é um software que desenvolvemos como parte de nossos esforços para entender design de software (Oliveira e Baranauskas, 2000 a; Oliveira e Baranauskas, 1999 b). O TC é um ambiente para crianças escreverem e atuarem em peças de teatro (figura 5.2).

As peças podem ser desenvolvidas por crianças trabalhando individualmente ou coletivamente. Após estarem completas, as peças podem ser armazenadas em um servidor na Internet para serem acessadas por outras pessoas. O autor da peça tem a opção de permitir ou não que outras pessoas criem novas versões da sua peça, estabelecendo um processo de criação colaborativa assíncrona através da Internet. Todas as versões de uma peça são mantidas no servidor, facilitando uma consulta histórica ao processo de montagem da mesma.

Figura 5.2

O usuário atuando no TC como um diretor.



Os atores no TC podem se expressar por meio de linguagem falada, escrita e por meio do movimento que eles podem fazer no palco. Itens de cenário, obtidos de um depósito, podem ser usados para compor o tempo e o lugar onde uma história acontece. Músicas adaptadas a uma certa situação podem ser escolhidas a partir de um repertório diversificado. Sons tais como explosões, tiros, chuva, campainhas de telefone etc. podem ser usados para preencher os ruídos necessários à história. A possibilidade da combinação de duas ou mais linguagens no TC estabelece formas expressivas mais complexas como a dança, por exemplo. A independência da linguagem

escrita como único recurso expressivo estende o TC também a crianças não alfabetizadas.

O usuário pode imergir no ambiente virtual TC de diferentes maneiras: como autor, diretor, ator e espectador. Em um dado instante o usuário pode estar imerso no TC de uma única maneira: o TC não é um ambiente multiusuário. Em cada uma destas maneiras, o usuário tem um certo papel e, portanto, vê o mundo do TC sob uma perspectiva particular.

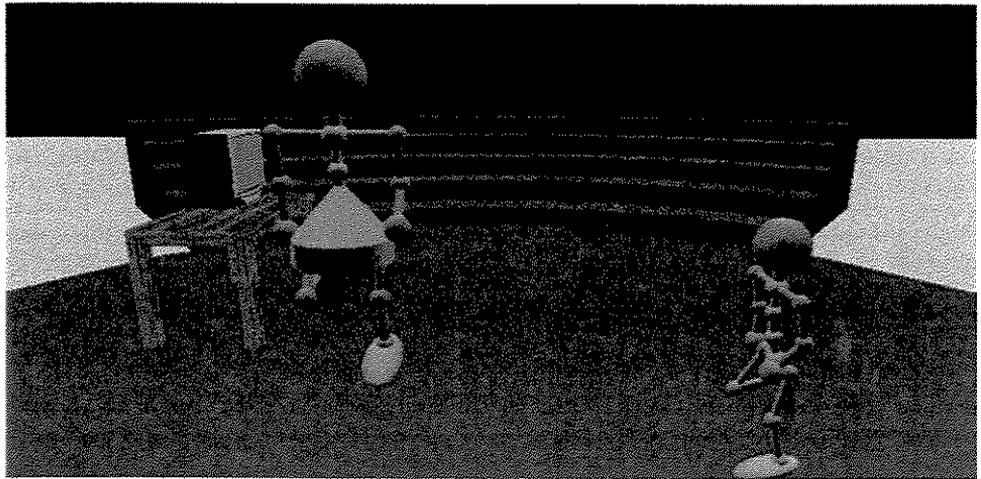
Estando imerso no TC como um diretor, o usuário tem uma visão global do teatro, atores, recursos de som e cenário, script etc. O usuário pode “dialogar” com os atores para desenvolver a peça. Cabe ao diretor dizer a cada ator o que cada um deles irá falar, quando e de que forma, como eles andarão pelo palco e em que lugar estarão. O diretor é responsável também pelo escolha dos sons, músicas e itens de cenário, determinando o momento em que serão exibidos. O diretor tem à sua disposição um script (figura 5.2) e pode incluir ou excluir unidades expressivas nele. O script e a cena exibida estão sempre em perfeita sincronia estando a linha corrente do script referindo-se exatamente à cena mostrada. O diretor pode, assim, “passar” pelo início, meio ou fim da peça percorrendo o script. O diretor não escreve diretamente sobre o script mas indiretamente à medida em que ele pratica algum diálogo no ambiente. Por exemplo, quando ele “diz” a um ator “dê um passo à frente”, o script é automaticamente alterado para captar esta ação.

Estando imerso no TC como um ator, o usuário vê o teatro do mesmo ponto de vista que um ator em cena (figura 5.3). Se o ator caminha ou se ele gira, o ponto de vista do usuário altera-se na mesma medida. O usuário pode assim contracenar com atores comandados pelo computador. Contudo, por ser o TC um ambiente virtual desktop e, portanto, desprovido de quaisquer recursos de rastreamento da posição e orientação do usuário, a movimentação do ponto de vista do usuário é comandada pelo computador a partir do que prevê o script. Diferentemente do diretor, atores não têm acesso aos recursos de edição da peça no TC: script, cenários, repertório de músicas etc.. O TC é visto pelo ator como um espaço para performance cênica.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Figura 5.3

Um instantâneo do ponto de vista do usuário participando no TC como um ator.



Estando imerso no TC como um espectador (figura 5.4), o usuário pode se posicionar em qualquer lugar na arquibancada. O seu ponto de vista altera-se em função da sua localização no teatro. Assim, uma peça pode ser assistida sob diferentes ângulos e, com isto, revelar novos detalhes a cada novo ponto de vista do espectador. O usuário como espectador vê o TC como um espaço para assistir a peças. As suas ações ficam limitadas ao seu movimento pelo teatro e a comandos que permitem iniciar e interromper execução da peça.

Figura 5.4

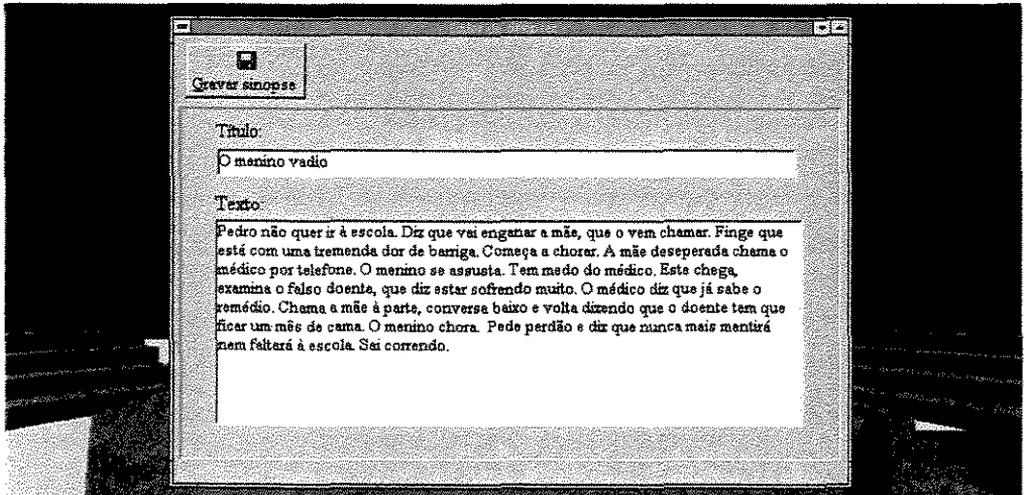
O usuário imerso no TC como um espectador.



Estando imerso no TC como um autor (figura 5.5²), o usuário pode escrever sinopses de peças por meio de um editor de textos. O usuário como um autor vê o TC como um espaço para expressão em linguagem escrita.

Figura 5.5

O usuário participando do TC como um autor.

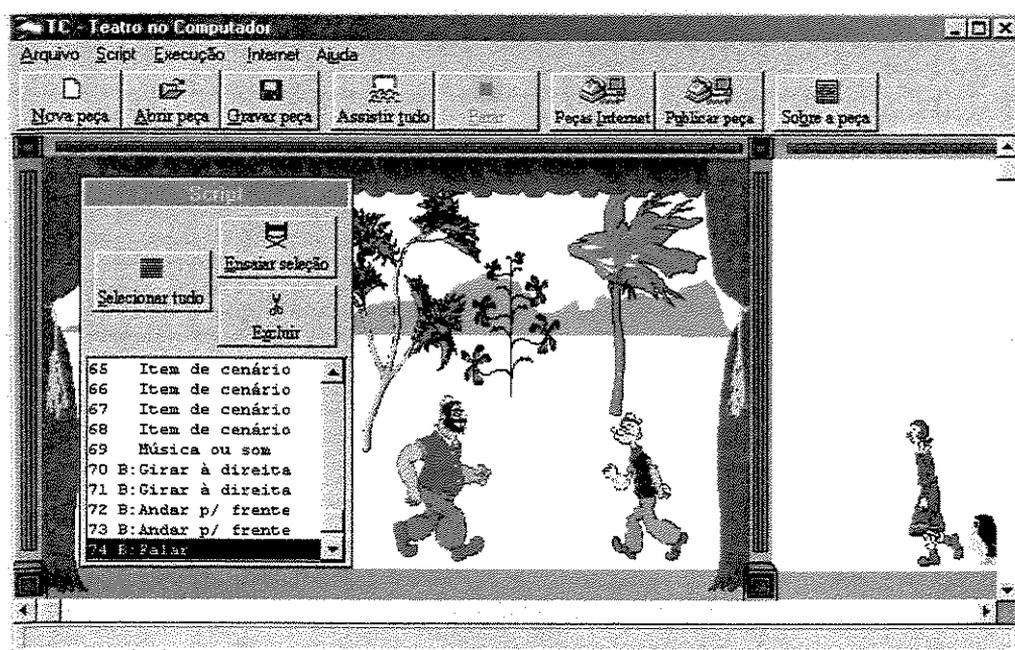


O primeiro protótipo do TC que desenvolvemos no entanto é um tanto diferente deste que discutimos até aqui. Entre as diferenças destaca-se o menor nível de imersão oferecido pela primeira versão. Como usaremos também este primeiro protótipo na discussão sobre o método de design, nós apresentamos na figura 5.6 o seu aspecto geral.

² A sinopse ilustrada nesta figura é de Machado e Rosman (1996, p. 35).

Figura 5.6

O primeiro protótipo do TC.



5.2- UM MODELO CONCEITUAL PARA A INTERAÇÃO EM AMBIENTES VIRTUAIS

Oliveira e Baranauskas (1999 d; 1998 a) entendem a interação de seres humanos com sistemas computacionais como um espaço de comunicação. A interface é vista **não** como a superfície de contato entre seres humanos e computador mas como um sistema que engloba um conjunto de entidades que se comunicam (figura 5.7). Entidades podem ser seres humanos ou podem ser algo totalmente computacional, isto é, alguma coisa cuja representação e comportamento são comandados pelo computador.

O conceito de entidade é relativo a um observador humano presente no sistema interface³. Algo é uma entidade se para uma entidade humana presente na interface este algo tiver uma função comunicativa, isto é, emitir signos para o observador humano. Veremos mais adiante nesta seção que

³ O termo “interface”, tal como é entendido nesta tese, não é algo entre faces mas um sistema de comunicação que engloba todas as faces (talvez “panfases”). Algumas vezes estaremos usando apenas o termo “interface” para significar a interface entendida como um sistema de comunicação. Outras vezes estaremos nos referindo à interface pelo termo “ambiente virtual” ou simplesmente “ambiente”, já que é este o sistema de comunicação de que nos ocupamos nesta tese.

Winograd (1996) define software (não somente ambientes virtuais) não somente como um dispositivo para usuários interagirem mas, também, como um lugar no qual os usuários vivem. *Quando um arquiteto projeta uma casa ou um escritório, uma estrutura está sendo especificada. Mas mais importante do que isto, padrões de vida para seus habitantes estão sendo especificados. Pessoas são pensadas como habitantes e não como usuários de edificações. ... nós pensamos nos usuários de software como habitantes, focando na forma como eles vivem nos espaços criados pelo designer* (Winograd, 1996, p. xvii).

Winograd vê o usuário como um participante de um sistema, não necessariamente um sistema de comunicação. A nossa motivação para entender a interface como um espaço de comunicação vem da Semiótica. Nós, seres humanos, percebemos e interpretamos o mundo através dos signos (Liszca, 1996; Santaella, 1995; Sebeok, 1994). Nós comunicamos os nossos desejos, as nossas ansiedades, a nossa alegria e a nossa tristeza por meio de signos. Não possuímos um contato direto, sensível e palpável com o mundo. Nosso contato com o mundo está vedado por uma camada destes signos (Santaella, 1996). Uma laranja ou um copo de água são antes de tudo, eles mesmos, signos para aquilo que entendemos ser uma laranja ou um copo de água.

O modelo que propomos não deve ser confundido com o modelo orientado a objetos subjacente a Smalltalk - cujas idéias originais estão em SIMULA 67 (Sebesta, 1996) – e às modernas metodologias de análise e projeto orientado a objetos (Jacobson, Booch e Rumbaugh, 1999; Martin e Odell, 1996; Rumbaugh *et al.*, 1991; Booch, 1991). Veja a seção 7.2 para uma discussão sobre as diferenças e similaridades entre o que propomos e o modelo orientado a objetos. O modelo proposto se diferencia também dos modelos subjacentes às propostas de design com fundamento na semiótica, que entendem a interface como um intermediário entre o designer e o usuário (seção 4.6). Em nosso modelo, a interface não é vista como um conjunto de signos escritos pelo designer para serem lidos pelo usuário (Andersen, 1997) ou como mensagens unidirecionais enviadas do designer para o usuário (Souza, 1993). Segundo o nosso entendimento, a interface é um espaço para comunicação entre um conjunto de entidades e, como veremos na seção 5.4, o processo de design que desenvolvemos, tomando por base o modelo

conceitual proposto, entende o usuário como um colaborador do design do seu ambiente de comunicação (a interface).

Com o objetivo de explorar o modelo conceitual proposto e os aspectos de comunicação subjacentes a ele, nós observamos pessoas interagindo em ambientes virtuais (Oliveira e Baranauskas, 1999 d; 1998 a). Alguns dos resultados obtidos com pessoas usando o ambiente virtual desktop Grand Prix II (seção 5.1) são reproduzidos aqui como **ilustração** para o modelo conceitual proposto.

As falas dos usuários sugerem um sentimento de primeira pessoa do usuário para com o ambiente virtual, isto é, o usuário sente-se imerso no ambiente, habitando-o:

- *Eu vou fazer uma curva em terceira.*
- *Eu freei muito em cima (referindo-se a uma curva).*

O usuário percebe que outras entidades também habitam o ambiente virtual e ele convive com elas:

- *Não há ninguém atrás.*
- *Estou em primeiro. Como sempre o Schumacher está em segundo.*
- *Bandeira amarela. Acidente à frente. ... Não vi onde foi. Eu não vi carro fora da pista. Eles já tiraram o carro. Quando dão bandeira amarela, eles tiram o carro da pista.*

Na primeira sentença, ao dizer *Não há ninguém atrás*, o usuário revela que reconhece outras entidades no ambiente virtual; neste caso, outros carros e seus pilotos. Um piloto, Schumacher, é a entidade identificada pelo usuário na segunda sentença. A última sentença indica muitas entidades: a bandeira amarela, um possível carro fora da pista, os fiscais de pista que acenam a bandeira amarela e as pessoas encarregadas do resgate de carros acidentados, que são responsáveis pela operação de retirada de carros da pista.

Humanos dentro do ambiente virtual (usuários imersos) associam a toda entidade uma capacidade comunicativa. Isto é, toda entidade é percebida

pelo ser humano como tendo uma certa **possibilidade de emissão de signos** e uma certa **capacidade de semiose** relativa ao mundo virtual. Possibilidade de emissão de signos refere-se à habilidade de produzir expressões para o ambiente virtual. Capacidade de semiose refere-se à habilidade de perceber e interpretar o ambiente virtual.

A **possibilidade de emissão de signos** de uma entidade percebida por entidades humanas (usuários imersos) se revela através de um complexo de relações de três tipos ilustrados na figura 5.8. Uma entidade *A* comunica algo a uma entidade *B* através da sua forma, cor, textura, tom de voz, ruído que produz, cheiro que deixa no ar, modo de agir, maneira de se movimentar, personalidade etc.. Ou seja, toda entidade pode funcionar, ela própria, como um signo (fig. 5.8-a). É especialmente este tipo de comunicação que permite ao usuário do Grand Prix II reconhecer e interpretar o significado de entidades tais como pista, reta, curva, outros carros e pilotos. Isto é ilustrado nas seguintes falas:

- *Curva na frente.*
- *Vamos subir na “zebra” à esquerda.*
- *Neste jogo cada piloto tem uma personalidade própria. O Michael Schumacher não espera você fazer nada. Estes mais fraquinhos (referência a outros pilotos), parece que são de equipes menores, eles te respeitam.*

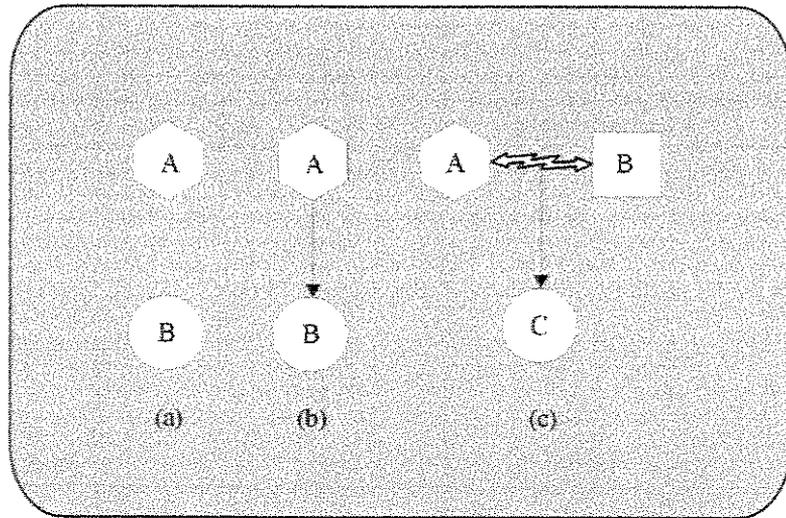
Algumas entidades são capazes de emitir sentenças em uma certa linguagem. Assim uma entidade *A*, com tal capacidade, pode comunicar algo a uma entidade *B* por meio de sentenças em uma linguagem (fig. 5.8-b):

- *Bandeira amarela. Acidente à frente ... (isto é, fiscais de pisa acenam bandeiras amarelas).*

- ... *nisto passou o tempo do Schumacher (um piloto adversário) e eu não vi* (refere-se ao tempo que ele está do seu adversário mais próximo, informado por sua equipe, exibido no painel de seu carro).

Figura 5.8

Diferentes possibilidades de emissão de signos pelas entidades da interface.



A primeira sentença mostra bandeiras amarelas, acenadas por fiscais de pista, comunicando aos pilotos, um dos quais é o usuário, uma situação de “atenção”, “perigo” ou “possível acidente à frente”. A segunda sentença indica que a equipe do usuário comunica-lhe o intervalo de tempo que ele está do seu adversário mais próximo. A equipe faz isto por meio de sinais exibidos no painel do carro do usuário.

Duas entidades *A* e *B* interagem (fisicamente, quimicamente, socialmente etc.) e o resultado desta interação comunica algo a uma entidade *C* (figura 5.8-c):

- *Dá a sensação do pneu estar cada vez mais liso. Você escorrega cada vez mais. Se o carro estiver pesado (isto é, com muito combustível) ele foge um pouco* (isto é, tende a derrapar nas curvas).
- *A impressão que se tem é que o vácuo do carro parece estar te empurrando* (referindo-se à sensação dos efeitos do vácuo que um

piloto experimenta quando se aproxima de um carro que está em alta velocidade à sua frente).

Aqui, “pneu” e “asfalto” interagem entre si provocando um progressivo desgaste do primeiro. Com isto “pneu liso”, representado no ambiente virtual de algum modo, é signo para falta de aderência do carro à pista. Ou ainda, um carro em alta velocidade interage com o ar, formando vácuo. Este vácuo é signo para aceleração extra de um carro quando este experimenta o vácuo.

Como dissemos, toda entidade possui uma **capacidade de semiose** relativa ao ambiente virtual, percebida por humanos dentro deste ambiente. No Grand Prix II isto é evidenciado, por exemplo, pelos seguintes fatos já ilustrados em frases anteriores: (1) fiscais de pista percebem e interpretam que houve um acidente – por isto eles acenam bandeiras amarelas; (2) a equipe do piloto tem a capacidade de interpretar a posição do piloto em relação aos demais adversários – por isto ela é capaz de informar a quanto tempo o piloto está de seus adversários; (3) o piloto (uma entidade humana) sabe que está em primeiro lugar, interpreta que subiu na “zebra” ou infere a personalidade de um outro piloto adversário.

5.3- PRINCÍPIOS SOBRE OS QUAIS O MÉTODO DE DESIGN SE BASEIA

Entendemos o design como um processo iterativo onde protótipos do ambiente virtual são continuamente desenvolvidos, usados, avaliados e planejados. Pressupõe-se que, em cada ciclo de iteração, existe um corpo de entidades e comunicações para serem avaliadas; o passo inicial pode ser a análise do domínio do ambiente virtual ou um protótipo preliminar do ambiente virtual, operacional ou em papel. Em cada ciclo do processo de design, entidades e comunicações devem ser avaliadas. O designer pode alterar as comunicações atuando sobre as capacidades de semiose e de produção de signos das entidades não humanas da interface. Alterações na capacidade de semiose de uma entidade podem regular o quanto ela é capaz de perceber e como ela interpreta o mundo da interface. Alterações na capacidade de produção de signos de uma entidade regulam o quanto ela é capaz de produzir e como ela produz signos para o ambiente virtual.

Segundo o modelo proposto, o design do ambiente virtual deve emergir da comunicação entre as entidades da interface, isto é, da **linguagem local** que tende continuamente a ser estabelecida pelas relações advindas da comunicação entre elas. A linguagem local corresponde ao dialeto que surge do confronto entre as linguagens particulares das entidades humanas na presença da interface e as linguagens particulares das entidades não humanas. Através de um processo de regulação, as entidades assimilam até certo ponto a linguagem do ambiente à medida em que, também, contribuem para consolidação da mesma. Entidades humanas fazem isto naturalmente. Contudo, cabe ao designer acomodar as entidades não humanas da interface, fazendo-as assimilar e contribuir para o estabelecimento da linguagem local.

Nas próximas seções nós descreveremos um método de design baseado nos seguintes princípios subjacentes ao nosso modelo conceitual de interação em ambientes virtuais (seção 5.2) e a atividade de design como um processo iterativo (Oliveira e Baranaukas, 1999 a):

- *O ambiente virtual deve ser entendido como um sistema composto por um conjunto de entidades que se comunicam, uma ou mais das quais são seres humanos. O design do ambiente virtual deve ser relativo ao ponto de vista de cada entidade em que o ser humano pode ser imerso;*
- *Toda entidade possui uma capacidade de semiose, percebida por humanos, imersos no ambiente virtual;*
- *Toda entidade tem uma possibilidade de emissão de signos, percebida por humanos, imersos no ambiente virtual;*
- *A linguagem utilizada pelas entidades do ambiente virtual emerge, versão a versão do ambiente virtual, da comunicação entre elas.*

Usaremos o TC para **ilustrar** a aplicação dos princípios de design enunciados.

O ambiente virtual TC (seção 5.1) é composto por diversas entidades: atores, diretor, autor, espectador, palco, itens de cenário etc.. O usuário é uma entidade dentro deste mundo virtual.

A capacidade de semiose de uma entidade é em parte devida à habilidade de semiose de um ser humano (usuário) e em parte devida ao próprio ambiente virtual, na medida em que este ambiente expõe ou oculta à entidade usuário mensagens provenientes de outras entidades, impondo-lhe assim uma visão particular deste ambiente. A possibilidade de emissão de signos de uma entidade também é em parte devida à capacidade intrínseca do ser humano (usuário) de emitir/receber signos e em parte devida ao ambiente virtual pelas expressões possíveis naquele ambiente. O ambiente virtual regula, portanto, a comunicação da entidade usuário. No TC o usuário pode ser, num determinado momento, um diretor ou um ator ou um autor ou um espectador – o TC não admite vários usuários interagindo ao mesmo tempo. Cada uma destas diferentes formas do usuário participar da interface tem associada a si uma capacidade de semiose e uma possibilidade de emissão de signos próprias. Isto faz com que o usuário tenha uma visão particular do ambiente virtual, percebendo algumas entidades, ignorando outras e comunicando-se neste ambiente na medida da limitação e do poder de comunicação da entidade em que ele está imerso num certo momento.

Por exemplo, enquanto participa no TC como um diretor, o usuário tem uma visão global do teatro, dos atores, dos recursos de som e cenário, do script etc. (figura 5.2). A sua visão do teatro é como a de um deus, onipotente, onisciente. Sua capacidade de semiose é tal que ele é capaz de perceber e tem a possibilidade de interpretar o que é cada entidade do mundo da interface, pode perceber a peça, seja pela execução ou pela leitura do script da mesma, ou ainda, observar o futuro ou o passado da peça percorrendo o script. Sua possibilidade de emissão de signos é tal que ele consegue expressar para uma personagem coisas tais como: “Ande para frente”, “Gire à esquerda” ou “Fale ...”. Ou ainda, solicitar que uma música seja executada ou que um item de cenário seja colocado no palco.

Participando do TC como um ator, o usuário vê o teatro sob o mesmo ponto de vista que um ator em cena (figura 5.3). Se o ator anda ou gira, o seu ponto de vista altera-se na mesma medida. A capacidade de semiose do ator relativa ao ambiente virtual é análoga à capacidade de semiose do ser humano relativa ao mundo real. Ele pode perceber, através de seus olhos e de seus ouvidos, o ambiente ao seu redor e tem a possibilidade de interpretar: a sua posição no palco, a arquibancada, outros atores falando e

andando em sua direção etc.. A sua possibilidade de emissão de signos está restrita ao seu movimento e à sua fala. Não há possibilidade de emitir expressões, como faz o diretor, que alterem o cenário, os sons ou curso da peça, ainda que ele possa errar a sua fala. Ele é um indivíduo dentro do ambiente virtual entre outros indivíduos, sons e itens de cenário. Ele é um ator cooperando e competindo em performance com outros atores.

Entidades humanas presentes no ambiente virtual atribuem a entidades não humanas uma certa capacidade de semiose e uma certa possibilidade de emissão de signos. Como exemplo, consideremos o usuário imerso no TC como um diretor. A capacidade de semiose de uma entidade ator não humana, percebida pela entidade usuário, é tal que o ator é capaz de perceber e interpretar coisas tais como “Ande para frente”, “Gire à esquerda” ou “Fale ...”. A possibilidade de emissão desta mesma entidade, percebida pelo usuário, é a de falar em linguagem escrita ou oral e movimentar-se pelo palco.

Em uma certa versão do ambiente virtual, em seu processo de design, entidades humanas e não humanas possuem uma linguagem particular. A comunicação entre as entidades conduz ao estabelecimento de uma linguagem local ao ambiente virtual. Por um lado, entidades humanas regulam naturalmente a sua capacidade de semiose e sua possibilidade de emissão de signos à medida em que comunicam-se com outras entidades do ambiente virtual. Por outro lado o designer atua sobre as capacidades de semiose e possibilidade de emissão de signos de entidades não humanas fazendo-as com isto, versão à versão do software, “assimilarem” a linguagem local do ambiente virtual ao mesmo tempo em que para ela também contribuem.

5.4- VISÃO GERAL DO PROCESSO SUBJACENTE AO MÉTODO

No seu nível mais alto, o método de design que propomos nesta tese faz parte da categoria do design iterativo ou design por prototipação. As idéias sobre design iterativo são antigas (Boehm, 1988; Boehm e Belz, 1989; Gould e Lewis, 1985) e vem sendo empregadas em uma série de métodos de análise e projeto funcional de software bem como no design de suas

interfaces. Design iterativo é especialmente apropriado para situações em que o próprio artefato em desenvolvimento introduz fortes modificações no sistema em que ele está inserido, modificações estas que acabam por introduzir novas mudanças no artefato. Este é justamente o nosso caso⁴ na medida em que, por princípio (seção 5.3), a linguagem do ambiente virtual emerge da comunicação entre as entidades do ambiente. Uma entidade contribui para o estabelecimento da linguagem do ambiente virtual ao mesmo tempo em que dessa linguagem também sofre influência.

Design iterativo, como é conhecido na Engenharia de Software, é semiose, um processo dialético que tende continuamente a estabelecer o design de um artefato pela oposição dialética entre o artefato e o seu respectivo design.

Os principais passos do nosso método de design encerram três importantes atividades realizadas iterativamente:

- **Análise de alternativas:** no início, uma análise formal ou informal do domínio do ambiente virtual; nas fases seguintes, análise de alternativas às questões apontadas pela fase de avaliação.
- **Desenvolvimento:** design ou redesign do ambiente virtual conforme análise de alternativas.
- **Avaliação:** avaliação do ambiente virtual a partir da observação de usuários imersos no mesmo.

O método propõe que em cada ciclo de design, versões do ambiente virtual cada vez mais significativas⁵ sejam progressivamente desenvolvidas. Antes do primeiro ciclo de design uma análise do domínio do ambiente virtual deve ser realizada. O objetivo desta análise é identificar as entidades participantes do domínio do ambiente virtual e a comunicação que existe entre elas. A análise do domínio do ambiente virtual pode ser realizada de maneira formal, como mostraremos na seção 5.6, ou de maneira informal. A

⁴ Talvez seja o caso do design de todo e qualquer artefato, uma vez que a introdução de um novo artefato no mundo altera este mundo que, por sua vez, reage forçando adaptações do design do artefato à nova realidade.

⁵ Significativas, nesta tese, quer dizer que o significado das expressões dentro do ambiente virtual, intencionado pelo designer, é o mesmo ou está muito próximo do significado atribuído pelos usuários a estas expressões.

análise formal é mais criteriosa do que a informal mas demanda, em contrapartida, um tempo maior para ser realizada. A análise informal não usa nenhuma técnica especial para o conhecimento do domínio do ambiente virtual (entidades e comunicações) além de leituras e observação direta do domínio. A análise formal conduz a uma conjectura mais informada sobre o que deve ser o primeiro protótipo. A análise informal pode conduzir a conjecturas não tão acertadas o que, entretanto, pode ser verificado na fase de avaliação e corrigido no desenvolvimento da segunda versão do protótipo.

Após a análise do domínio do ambiente virtual, alternativas para o ambiente virtual devem ser estudadas com o objetivo de se estabelecer um primeiro protótipo do ambiente. Trata-se da primeira aproximação ao ambiente virtual. O protótipo pode então ser usado e uma avaliação semiótica, conforme definiremos na seção 5.9, pode ser feita. A avaliação termina com a discriminação de um conjunto de questões de design. Uma questão de design é levantada na fase de avaliação toda vez que houver uma inconsistência entre o interpretante do usuário imerso no ambiente, constatado por observação de uso, e o interpretante presumido pelo designer seja para o que representa uma entidade ou o que denotam quaisquer signos emitidos por uma entidade ou derivados da interação entre um conjunto de entidades. Na fase de Análise de Alternativas, para cada questão levantada pela avaliação devem ser propostas alternativas de solução e um conjunto de argumentos contra ou a favor a cada alternativa. No final da fase de Análise de Alternativas, cada questão levantada terá uma alternativa de solução, que pode não ser a melhor considerando fatores semióticos, mas pode ser a mais viável considerando também fatores econômicos e tecnológicos. A partir daí, o novo protótipo está pronto para ser desenvolvido e o ciclo se repete. Enfim, o que o método propõe é uma estratégia para se realizar a semiose do ambiente virtual.

Um ciclo de design não deve ser visto como processo absolutamente em seqüência no qual a equipe de design executa apenas desenvolvimento, para depois executar apenas a avaliação e depois apenas analisar alternativas e etc. As atividades de desenvolvimento, avaliação e análise de alternativas não podem jamais ser encerradas nestes compartimentos fechados. Estas atividades caminham juntas de forma análoga ao processo de criação literária: à medida em que escrevo frases, avalio o que escrevo e analiso

alternativas para escrever o que eu pretendo escrever. De modo geral, o texto que escrevo passa por uma fase de escrita, uma fase de avaliação geral do que foi escrito e uma de análise de alternativas sobre a escrita de partes do texto. Assim, a fase de desenvolvimento compreende também, em um certo nível, a avaliação e a análise de alternativas e isto é analogamente válido para as outras duas fases.

5.5- OS MODELOS QUE INSTRUMENTAM O MÉTODO

Segundo o nosso entendimento, um ambiente virtual é composto por um conjunto de entidades que se comunicam e obviamente, nas fases de desenvolvimento e avaliação, nós necessitamos de modelos que abstraíam os conceitos subjacentes a este entendimento. Nós formulamos dois modelos para isto: o modelo de entidades e o modelo de comunicações. A fase de análise de alternativas lida com questões e alternativas a questões e, assim, um modelo de análise de alternativas é proposto para tratar e materializar estes conceitos.

Os três modelos propostos suportam as três fases do método. Os modelos de entidades e de comunicações atuam como um plano geral de implementação (projeto, design) nas fases de desenvolvimento, como um roteiro nas fases de avaliação e como uma representação do domínio do ambiente virtual na análise que precede todo o ciclo de desenvolvimento.

Os três modelos não são independentes mas, pelo contrário, estão fortemente conectados entre si. Como veremos mais adiante, quando discutirmos os processos subjacentes ao método, os modelos de entidades e de comunicações se ligam pelas entidades que figuram em ambos e os três modelos estão conectados entre si pelas questões que são levantadas nas fases de desenvolvimento e especialmente nas fases de avaliação.

A vida destes modelos não se reduz a um ciclo de design. Os ciclos de vida dos modelos acompanham o ciclo de vida do ambiente virtual. Neste sentido, os modelos não são reconstruídos a cada ciclo mas são continuamente reformulados ciclo a ciclo.

Todo modelo é signo para o objeto que ele referencia, isto é, um modelo representa um objeto sobre certas medidas e capacidades. Estas tais medidas e capacidades são justamente aquilo que o modelo abstrai do objeto representado. A abstração subjacente a um modelo é que confere o seu valor enquanto instrumento que se presta bem a um ou outro tipo de análise, design ou avaliação. Os modelos de entidades e de comunicações representam num certo sentido, respectivamente, entidades e comunicações entre estas entidades. Não se trata, portanto, das próprias entidades ou das comunicações mas uma abstração das mesmas, adequadas ao nosso método de design.

Uma outra característica importante dos modelos é que eles são descritos em uma ou mais linguagens sobre uma ou mais mídias (papel, vídeo, computador, televisão etc.). Os modelos que discutimos nesta seção são descritos em linguagem natural escrita, eventualmente enriquecida por imagens, desenhos, ilustrações e algumas linguagens formais, e são armazenados sobre uma mídia estática, como o papel. É possível que o uso de outras linguagens e outras mídias possam produzir versões destes mesmos modelos que sejam mais usáveis e que possibilitem uma produtividade maior ao designer que os utiliza no processo de design. Não pretendemos investigar estes aspectos mas objetivamos mostrar o que são estes modelos e como eles podem ser úteis no processo de design.

Modelo de entidades

O modelo de entidades tem por objetivo estabelecer a relação entre os signos (*representamen*) de cada entidade e os seus respectivos interpretantes, presumidos pelo modelador a partir de cenas do ambiente virtual (ou do domínio) observadas sobre o ponto de vista de um usuário imerso no ambiente.

O modelo de entidades é composto por um conjunto de submodelos de entidades (figura 5.9). Um submodelo de entidades é estabelecido de acordo com o ponto de vista do usuário imerso numa entidade e deve captar aspectos não mostrados por outros submodelos, como novas entidades, entidades em situações que dificultam a interpretação do que elas

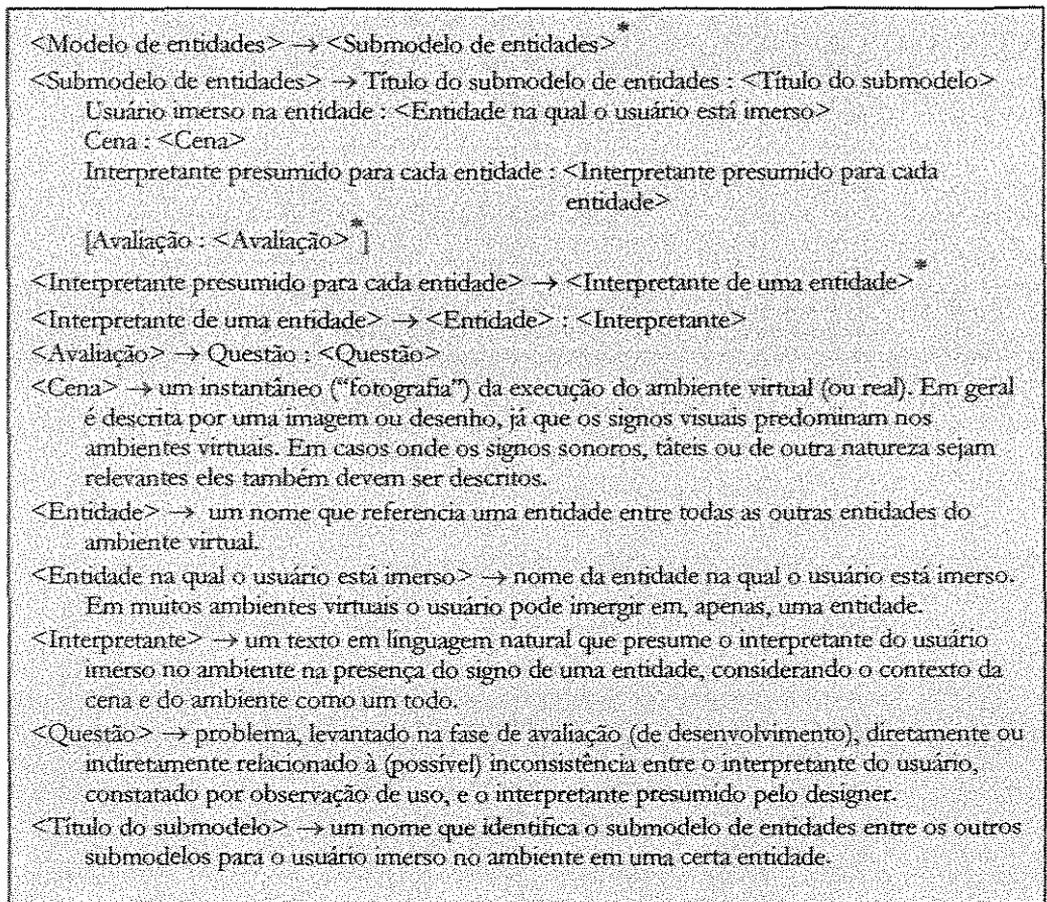
representam etc.. Nós chamaremos ao submodelo que capta um aspecto não presente em outros submodelos de **submodelo saliente**. Um dos objetivos, portanto, no que se refere ao processo de criação do modelo de entidades é estabelecer submodelos salientes e na seção 5.6 apresentamos uma estratégia para derivar tais submodelos. O número de submodelos de entidades a serem estabelecidos é função da quantidade de entidades do ambiente nas quais o usuário pode imergir e da saliência dos submodelos estabelecidos.

Um submodelo de entidade tem um título que o referencia univocamente entre os outros submodelos estabelecidos para o usuário imerso em uma certa entidade e refere-se a uma certa cena do ambiente. Uma cena é um instantâneo de execução do ambiente virtual (ou do domínio) e, em geral é descrita por meio de uma imagem ou desenho. Contudo uma cena deve captar, quando se aplicarem, não apenas os signos visuais do ambiente, que na grande maioria dos ambiente são os mais relevantes, mas também signos de outras naturezas: sonoros, táteis etc.. Quando for o caso, além da imagem que referencia a cena, devem ser adicionadas descrições em linguagem natural sobre os outros signos.

O submodelo de entidades explicita as entidades da cena e estabelece um relato para o interpretante de cada entidade apresentada. Não se trata do interpretante do usuário, posto que este é imperceptível e indescritível. Não se trata também do auto-relato do interpretante do modelador (designer) na presença da cena que descreve, por meio de imagens e de linguagem natural, um instante do ambiente. Trata-se de um texto em linguagem natural, feito pelo modelador (designer), que presume o interpretante do usuário imerso no ambiente na presença do signo da entidade (*representamen*), guardado o contexto da cena e do ambiente como um todo. Este relato em linguagem natural traça os contornos de um interpretante assim como os dicionários tentam atingir o significado de um vocábulo por meio, também, da linguagem natural.

Figura 5.9

Esquema para definição do modelo de entidades. Os símbolos da metalinguagem usada na definição estão em vermelho. O símbolo "" indica o fecho de Kleene (repetição zero ou mais vezes do elemento ao qual ele se aplica). Elementos entre colchetes "[]" são opcionais.*



O modelo de entidades é um instrumento utilizado tanto no design, como um meio para se definir os signos das entidades que participam do ambiente virtual, bem como na avaliação, atuando como um roteiro para verificação da consistência entre o interpretante presumido pelo designer e o interpretante do usuário para uma certa entidade, constatado através de observação. Uma questão deve ser levantada toda vez em que houver inconsistência entre estes dois interpretantes. Questões são levantadas obviamente na fase de avaliação mas ocasionalmente podem ser colocadas na fase de desenvolvimento quando o designer antevê uma possível inconsistência. Uma questão, quando levantada, é expressa por um texto em linguagem natural discriminado junto ao submodelo de entidades que a compreende. Nem sempre questões são levantadas para um certo submodelo de entidades, daí o caráter opcional do item avaliação em relação ao tal submodelo (figura 5.9).

A figura 5.10 ilustra um submodelo de entidades. Este submodelo de entidades refere-se a uma das cenas iniciais do primeiro protótipo estabelecido para o TC, estando o usuário imerso no ambiente como um diretor. O submodelo explicita nove entidades e omite algumas outras (linha do script, botão da barra de rolagem do script etc.) de mais baixo nível no que se refere ao “discurso” do TC. Em geral o modelador pode “truncar” a análise no nível do discurso central ao ambiente que ele está analisando. Obviamente, o discurso subjacente a um *widget* é altamente relevante quando o interesse está na análise do sistema operacional (ou sistema de símbolos) do qual ele é parte integrante.

A figura 5.10 apresenta também duas questões sendo a primeira delas relacionada com o entendimento do que é um ator e do que é uma personagem. Os teatros reais possuem atores, que maquiados e trajando certos figurinos, representam personagens. O protótipo do TC fornece, para composição de histórias, apenas as quatro personagens mostradas no submodelo: Popeye, Brutus, Olívia e um pingüim. Neste sentido, este protótipo do TC é apropriado apenas para composição de histórias da turma do Popeye, eventualmente com a participação de um pingüim. Popeye, Brutus, Olívia e Pingüim são, para o designer, personagens e não atores. No entanto, foi observado que o desejo de composição de histórias diversas, não necessariamente relacionadas à turma do Popeye, leva o usuário a interpretar uma personagem como um ator, configurando uma inconsistência entre o interpretante do usuário e o interpretante presumido pelo designer. A questão que se coloca para futura análise de alternativas é, portanto, se o TC deve ter personagens ou atores. Toda questão tem por trás dela alguma inconsistência entre o interpretante do usuário e o interpretante presumido pelo designer. Entretanto, observe que a maneira como a questão é descrita nem sempre explicita tal inconsistência.

A segunda questão tem origem no significado do que vem a ser um diretor e um autor em teatro. Nesta versão do TC, o autor escreve apenas uma sinopse da peça cabendo ao diretor a completa descrição do script, incluindo as falas das personagens. Em teatros reais os autores é que são responsáveis pela escrita do script.

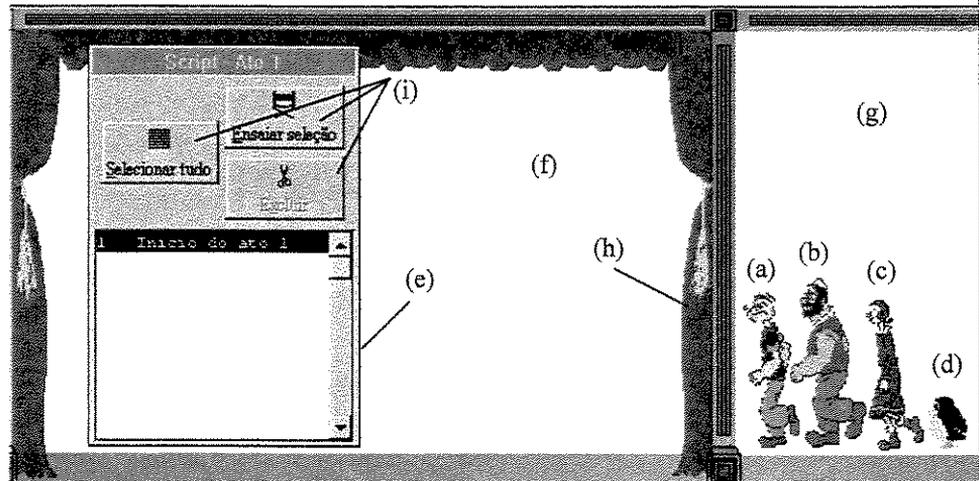
Figura 5.10

Um submodelo de entidades.

Título do submodelo de entidades: Palco, bastidores, os atores e o script vazio.

Usuário imerso na entidade: diretor.

Cena:



Interpretante presumido para cada entidade:

Eu, o diretor (aquele que está imerso vendo a cena). A pessoa responsável pelos aspectos de interpretação da peça. A pessoa que supervisiona a integração de todos os elementos da peça: itens de cenário, luzes, música, a atuação dos atores etc..

(a): **Popeye**: uma personagem.

(b): **Brutus**: uma personagem.

(c): **Olívia**: uma personagem.

(d): **Pingüim**: uma personagem.

(e): **Script**: texto dos diálogos e das indicações cênicas da peça de teatro.

(f): **Palco**: local no qual a peça é exibida.

(g): **Bastidores**: espaço lateral ao palco, encoberto durante as apresentações, que permite que os atores entrem e saiam de cena.

(h) **Cortina**: peça que resguarda o palco da platéia.

(i) **Botões**: “Selecinar tudo”, permite selecionar todas as linhas do script; “Ensaair seleção”, permite ensaiar o trecho correspondente às linhas selecionadas; “Excluir”, exclui do script as linhas selecionadas.

Avaliação:

Questão: o TC deveria ter personagens ou atores?

Questão: é responsabilidade do diretor ou do autor escrever o script ?

Modelo de comunicações

Por princípio (seção 5.3) toda entidade tem uma possibilidade de emissão de signos e uma capacidade de semiose, percebida por um ser humano imerso no ambiente virtual. Em outras palavras, para o ser humano imerso, toda entidade participa do “jogo comunicativo” do ambiente virtual pela emissão de signos ao ambiente (ela própria enquanto signo que é, ela a uma outra entidade por meio de um código estabelecido entre elas, ela juntamente com outras entidades através de interações físicas, químicas, sociais etc.) ou pela capacidade de semiose que a faz “interpretar” o mundo virtual que a envolve.

O modelo de entidades que discutimos na subseção anterior pode ser visto como um tipo particular de modelo de comunicação que (1) expressa exclusivamente o que cada entidade comunica enquanto signo que é. Falta, portanto, algo que modele (2) as comunicações entre entidades por meio de um código estabelecido entre elas e (3) as comunicações provenientes da interação entre as entidades. Este é o objetivo do que, nesta tese, denominamos de modelo de comunicações.

As comunicações são freqüentemente referenciadas na literatura como “diálogos”. Um **diálogo** é uma conversação entre duas ou mais partes. Muitos formalismos têm sido empregados na modelagem sintática de diálogos. Redes de transição de estados (STN – *State Transition Networks*) (Lomet, 1973) são diagramas compostos por um conjunto de estados pelos quais o diálogo passa e um conjunto de transições entre estes estados. Uma rede de transição de estados é essencialmente um autômato a pilha. Diagramas estruturados de Jackson (*JSD – Jackson Structured Design Diagram*) (Jackson, 1975) além de seu uso na modelagem de tarefas e no projeto de software também têm sido utilizado na modelagem do diálogo. Um JSD é uma expressão regular descrita por meio de desenhos e símbolos especiais e não através dos símbolos tradicionalmente encontrados na literatura de linguagens formais. Gramáticas livres de contexto (Hopcroft e Ullman, 1979) descrevem linguagens formais por meio de quatro componentes: (i) um conjunto de símbolos conhecidos como símbolos terminais; (ii) um conjunto de símbolos não terminais; (iii) um conjunto de produções onde cada produção consiste de um símbolo não terminal,

chamado lado esquerdo da produção, uma seta (significa), e uma seqüência de símbolos terminais e/ou não terminais, chamado lado direito da produção; (iv) a designação de um não terminal como símbolo inicial. Alguns formalismos para modelagem do diálogo baseados em gramáticas livres de contexto compreendem o BNF (*Backus-Naur Form*) (Aho, Sethi e Ullman, 1986) e o UAN (*User Action Notation*) (Hartson, Siochi e Hix, 1990). Tanto STN, JSD e Gramáticas livres de contexto não lidam com a concorrência, isto é, a comunicação simultânea de diversos conteúdos em um diálogo. Os modelos baseados em eventos compõem uma classe de notação formal desenvolvida com este propósito. Um destes modelos, CSP (*Communicating Sequential Processes*) (Hoare, 1985) tem sido adotado para especificação de diálogo por diversos formalismos entre eles o SPI (*Specifying and Prototyping Interaction*) (Dix *et al.*, 1998) e o TOCOZ (Mahony e Dong, 1998), uma junção de Object-Z e CSP.

No que se refere ao poder de expressão destes formalismos pode ser demonstrado que os autômatos a pilha (redes de transição de estados - STN) e as gramáticas livres de contexto (BNF e UAN) são igualmente expressivas (Hopcroft e Ullman, 1979). Pode-se demonstrar também que as gramáticas livres de contexto têm um poder de expressão maior do que as expressões regulares (JSD) (Hopcroft e Ullman, 1979). Já os modelos baseados em eventos (CSP, SPI, TOCOZ) têm um poder de expressão maior do que as gramáticas livres de contexto (Green, 1986).

A maior parte dos formalismos para modelagem do diálogo modelam, apenas, os aspectos sintáticos do diálogo e a modelagem da semântica do diálogo nem sempre é feita. Entretanto quando ela é feita as notações para descrição sintática do diálogo são freqüentemente ligadas a textos escritos em linguagens de programação tradicionais como C ou Pascal ou algum pseudocódigo baseado nestas linguagens (Dix *et al.*, 1998). Exceção a isto é o formalismo SPI, citado anteriormente, que é dividido em duas partes: *eventCSP*, uma notação para modelagem sintática do diálogo baseada em CSP, e *eventISL*, que descreve a semântica do diálogo.

Os formalismos para modelagem do diálogo citados anteriormente não nos são úteis pelas seguintes razões:

- Eles referem-se ao diálogo entre o ser humano e o computador e nós necessitamos modelar o diálogo entre duas ou mais entidades. Até aí o problema não é muito grande, já que algumas adaptações a um ou outro destes formalismos pode ser feita sem muita dificuldade.
- Eles modelam a sintaxe e algumas vezes a semântica da aplicação. Por semântica deve-se entender o significado que o software confere a uma expressão. Entretanto nós queremos estabelecer um modelo para o entendimento (a semiose) que um ser humano imerso em um ambiente virtual confere ao diálogo estabelecido entre as entidades que participam do ambiente.
- Eles descrevem a estrutura do diálogo segundo as propriedades subjacentes a uma certa classe de notação (gramáticas, autômatos, eventos etc.). O que se tem como produto final modelado são as regularidades do diálogo segundo as propriedades subjacentes à notação. Embora isto possa ser útil para verificação por exemplo das inconsistências ou da completeza do diálogo, o que buscamos é um modelo para o próprio diálogo e para a semiose de um ser humano imerso no ambiente virtual na presença do diálogo.

O que queremos é modelar o diálogo entre duas ou mais entidades da forma mais concreta possível, da forma como ele se apresenta para um ser humano imerso em um ambiente virtual. Neste sentido, os cenários como apresentados por Carrol e seus colegas (1995) é alternativa natural ao que pretendemos, desde que os adaptemos às nossas necessidades.

Cenários são descrições narrativas da interação entre duas ou mais pessoas, sistemas, entidades etc. (Jarke, 1999). Um cenário descreve um exemplo de procedimento executado em um sistema. Cenários são, em conseqüência, o inverso daquilo que pretendem as notações para modelagem do diálogo descritas anteriormente. Enquanto estas notações descrevem um comportamento geral, um cenário exemplifica o comportamento por apresentar episódios concretos e específicos. O termo **concreto** aqui diz respeito à descrição do diálogo exatamente como ele ocorre no ambiente virtual e não de uma maneira esquemática.

Cenários têm sido usados para muitas finalidades entre elas: análise de requerimentos (Potts, 1995; Fickas *et al.*, 1994), apresentar a interface de um produto para o usuário (Kolli, 1993), obtenção do modelo orientado a objetos de sistemas (Rosson e Carroll, 1996), descrever o comportamento de atores virtuais (Cremer, Kearney e Papelis, 1995; Lee, Sul e Wohn, 1997), ajudar a inferir a usabilidade de um sistema (Nielsen, 1995), desenvolvimento rápido de protótipos (Johnson, Johnson e Wilson, 1995) e design participativo (Jennings, 1993) já que, pela sua natureza concreta, cenários podem ajudar os usuários a assimilar descrições de sistemas complexos e a desenvolver com os designers um entendimento compartilhado de um sistema.

Mas os cenários sozinhos não resolvem o problema da modelagem das comunicações. Nós precisamos modelar também a semiose de um ser humano imerso no ambiente na presença do diálogo. Assim nós propomos a estrutura de um modelo de comunicações que, entre outras coisas, envolve cenários, conforme ilustra a figura 5.11.

Figura 5.11

Esquema para definição do modelo de comunicações. Os símbolos da metalinguagem usada na definição estão em vermelho. O símbolo “*” indica o fecho de Kleene (repetição zero ou mais vezes do elemento ao qual ele se aplica). Elementos entre colchetes “[]” são opcionais. Barras “|” indicam alternativas.

```

<Modelo de comunicações> → <Modelo de diálogo>*
<Modelo de diálogo> → Título do modelo de diálogo : <Título do modelo de diálogo>
    Usuário imerso na entidade : <Entidade na qual o usuário está imerso>
    Contexto de entrada : <Contexto de entrada>
    Entidades participantes : <Entidades participantes> .
    Cenário : <Cenário>
    [Avaliação : <Avaliação>* |
<Cenário> → <Trecho>*
<Trecho> → Trecho : <Número> <Signo composto> Interpretante
    presumido : <Interpretante presumido> .
<Signo composto> → <Signo unimodal> . | <Signo unimodal> . || <Signo composto>
<Signo unimodal> → <Sequência de signos>*
<Sequência de signos> → <Signo> | <Signo> ; <Sequência de signos>
<Entidades participantes> → <Entidade participante> | , <Entidade participante>
<Avaliação> → Questão : <Questão>
<Contexto de entrada> → texto em linguagem natural que descreve o contexto que precede o
    modelo de diálogo.
<Entidade> → um nome que referencia uma entidade entre todas as outras entidades do
    ambiente virtual.
<Entidade na qual o usuário está imerso> → nome da entidade na qual o usuário está imerso.
    Em muitos ambientes virtuais o usuário pode imergir em, apenas, uma entidade.
<Entidade participante> → Nome que referencia uma entidade que participa do modelo de
    diálogo.
<Interpretante presumido> → texto em linguagem natural que presume o interpretante do
    usuário na presença do signo de uma entidade considerando o contexto da cena.
<Número> → número inteiro identificando univocamente o trecho.
<Questão> → problema, levantado na fase de avaliação (de desenvolvimento), diretamente ou
    indiretamente relacionado à (possível) inconsistência entre o interpretante do usuário
    imerso no ambiente, constatado por observação de uso, e o interpretante presumido pelo
    designer.
<Signo> → texto em linguagem natural descrevendo um signo (representamen).
<Título do modelo de diálogo> → um nome que identifica o modelo de diálogo entre os
    outros modelos para o usuário imerso no ambiente em uma certa entidade.
    
```

Um modelo de comunicações é um conjunto de modelos de diálogo. Um modelo de diálogo é essencialmente um cenário e contém um título, a descrição da entidade que o usuário está imerso (veja subseção anterior para uma discussão sobre a entidade que imerge o usuário), um contexto de entrada e uma relação das entidades que participam do cenário. Cada cenário é composto de um ou mais trechos, os quais descrevem a expressão do diálogo (os signos que compõem o diálogo) e o interpretante de um usuário imerso no ambiente, presumido pelo designer (veja discussão sobre interpretantes presumidos na subseção anterior).

Um conjunto de modelos de diálogo (essencialmente, cenários) em geral nunca exemplificará totalmente as comunicações no ambiente virtual. Em contrapartida, uma quantidade grande de cenários exemplificará de maneira concreta uma parcela significativa das comunicações no ambiente virtual. Para que uma coleção de modelos de diálogo represente bem as comunicações no ambiente virtual ao qual ele se refere, cada modelo de diálogo dentro do conjunto deve ser um modelo de diálogo saliente. Nós discutiremos posteriormente uma estratégia para derivar modelos de diálogos salientes.

O número de modelos de diálogo a serem estabelecidos varia também de acordo com o número de entidades nas quais o usuário pode imergir. Cada entidade na qual o usuário pode imergir representa uma “visão” particular e um “meio de vida” diferente dentro do ambiente virtual. Assim, devem ser estabelecidos conjuntos de modelos de diálogo distintos para cada entidade em que o usuário pode imergir. Nós dizemos que um modelo de diálogo específico fica bem definido por uma “chave” dupla constituída pelo título do modelo de diálogo e pelo nome da entidade em que o usuário está imerso.

Assim como no modelo de entidades, discutido na subseção anterior, as questões resultantes da avaliação estão presentes no próprio modelo mas são, obviamente, opcionais, já que serão discriminadas apenas caso sejam levantadas. Uma questão é um problema diretamente ou indiretamente relacionado à inconsistência entre o interpretante do usuário imerso, na presença de um diálogo, e o interpretante deste usuário nestas condições, presumido pelo designer. Questões são levantadas em geral na fase de avaliação do método mas podem, eventualmente, ser descritas na fase de desenvolvimento, quando o modelo está sendo composto e o modelador percebe que os signos de que dispõe no ambiente são insuficientes para tentar veicular um certo interpretante. As duas questões levantadas no modelo da figura 5.12 ilustram este fato e serão discutidas mais tarde. Questões deste gênero são mais do que uma inconsistência entre interpretantes. Elas apontam para problemas de dificuldade ou total incapacidade de se tentar veicular um certo interpretante a partir dos signos disponíveis no ambiente virtual.

Tal como o modelo de entidades, o modelo de comunicações também serve a várias finalidades. Na análise do domínio do ambiente virtual ele pode ser usado para modelar as comunicações entre entidades reais que participam de um ambiente real. Nas fases de desenvolvimento do ciclo de vida do ambiente virtual ele é usado como um objeto para se pensar sobre o design do ambiente virtual, analisar alternativas de soluções, limitações destas soluções e para materializar o design no que se refere às comunicações entre as entidades. Nas fases de avaliação, o modelo de comunicações se transforma num roteiro sobre o que deve ser avaliado e serve para materializar as questões possivelmente levantadas. Nas fases de análise de alternativas, juntamente com o modelo de entidades e o próprio protótipo, ele é um instrumento sobre o qual a análise é feita.

A figura 5.12 ilustra um modelo de diálogo. Ele descreve a interação entre as entidades Popeye e Brutus, estando o usuário imerso no TC como um espectador. O diálogo subjacente a este modelo foi dividido em seis trechos contendo referências a signos disponíveis no ambiente TC. Assim, por exemplo, o trecho 1 apresenta 10 referências ao signo “Popeye dá um passo para frente” e não algo como “Popeye dá 10 passos para frente”. Os trechos de 1 até 5 descrevem composições de signos unimodais enquanto que o trecho de número 6 descreve um signo multimodal: ao mesmo tempo em que anda para frente, Popeye diz, irritado, “Não precisava gritar.”.

Como dissemos anteriormente, as questões apontadas no modelo de diálogo da figura 5.12 são levantadas na fase de desenvolvimento e revelam a dificuldade ou incapacidade de se tentar veicular certos interpretantes

Figura 5.12

Um modelo de diálogo.

<p>Título do modelo de diálogo: um diálogo entre duas personagens.</p> <p>Usuário imerso na entidade: espectador.</p> <p>Contexto de entrada: O TC está inicializado. As personagens estão nos bastidores.</p> <p>Entidades participantes: Eu, o espectador, Popeye, Brutus.</p> <p>Cenário:</p> <p>Trecho: 1 Popeye dá um passo para frente; Popeye faz um quarto de giro à esquerda. Interpretante presumido: Popeye entra em cena.</p> <p>Trecho: 2 Popeye fala “onde está o Brutus?”. Interpretante presumido: Popeye está procurando o Brutus.</p> <p>Trecho: 3 Brutus dá um passo para frente; Brutus dá um passo para frente. Interpretante presumido: Brutus entra em cena.</p> <p>Trecho: 4 Brutus grita energicamente: “Estou aqui!” Interpretante presumido: Brutus gritou energicamente “Estou aqui!” para referenciar onde ele está.</p>
--

Figura 5.12

*Um modelo de diálogo.
(continuação)*

Trecho: 5

Popeye dá um quarto de giro à esquerda;
Popeye dá um quarto de giro à esquerda;
Popeye dá um quarto de giro à direita;
Popeye dá um quarto de giro à direita;
Popeye faz um quarto de giro à esquerda.

Interpretante presumido: Popeye se assusta.

Trecho: 6

Popeye fala em tom de irritação “Não precisava gritar.” ||
Popeye dá um passo para frente, em direção ao Brutus;
Popeye dá um passo para frente, em direção ao Brutus;
Popeye dá um passo para frente, em direção ao Brutus;
Popeye dá um passo para frente, em direção ao Brutus.

Interpretante presumido: Popeye, irritado, está indignado porque o Brutus gritou.

Avaliação:

Questão: O TC deveria ter recursos expressivos tais que permitissem a uma personagem se mostrar assustada, alegre, triste etc.?

Questão: O TC deveria ter recursos expressivos tais que permitissem a uma personagem correr ao invés de somente andar?

usando-se como expressão os signos disponíveis no ambiente TC. A primeira questão é devida ao trecho 5 do modelo. Na tentativa de veicular “Popeye está assustado”, a entidade Popeye gira para um lado e para o outro. Não há recursos, neste protótipo do TC, para expressar diretamente o “susto” por meio de alguma expressão corporal. Entretanto o modelador, antes mesmo da fase de avaliação, reconhece que usuários imersos no TC como espectadores, terão grandes chances de interpretar os giros do Popeye como, por exemplo, “Popeye está em pânico. Está girando desesperado à procura do Brutus.”.

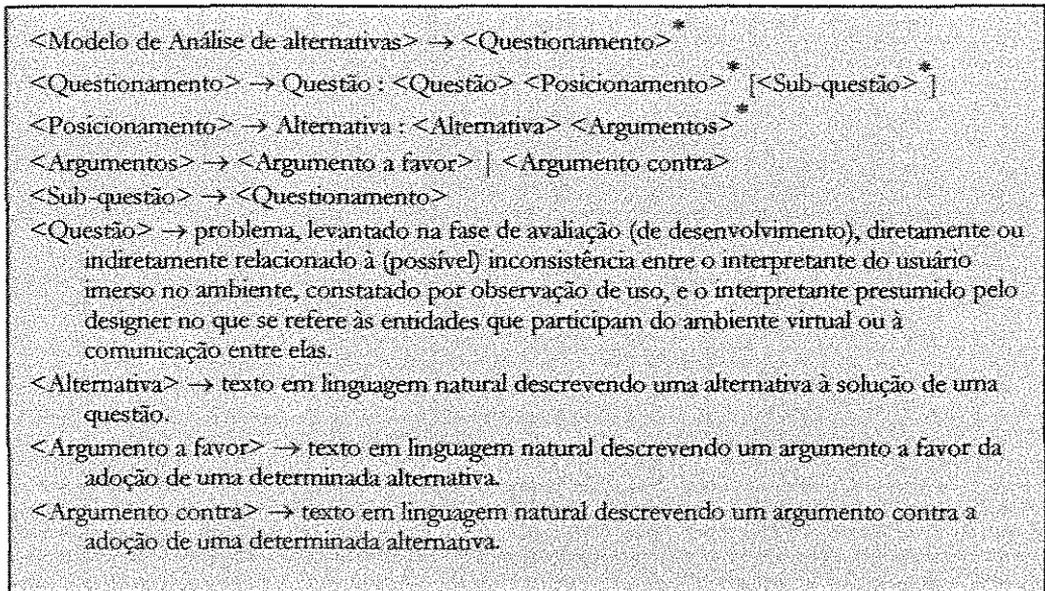
A segunda questão é devida ao trecho 6, onde Popeye, irritado e indignado, anda em direção ao Brutus dizendo que ele não precisava ter gritado. Este protótipo do TC não permite que personagens corram, elas podem somente andar. Entendemos que a expressão da personagem Popeye correndo, ao invés de andando, se associaria melhor à sua fala e ao contexto geral para tentar veicular o interpretante “Popeye, irritado, está indignado porque o Brutus gritou.”.

Modelo de análise de alternativas

Um modelo de análise de alternativas⁶ lida com questões levantadas durante o ciclo de vida do ambiente virtual e alternativas de soluções a estas questões. Um modelo de análise de alternativas é um conjunto de questionamentos (figura 5.13). Um questionamento é constituído por uma questão, um conjunto de alternativas de solução desta questão e possivelmente por sub-questões derivadas da questão original. Cada alternativa de solução de uma questão é sustentada por um conjunto de argumentos a favor e é contraposta por argumentos contrários. Questões, alternativas de solução e os argumentos a favor e contra são modelados através de textos em linguagem natural.

Figura 5.13

Esquema para definição do modelo de análise de alternativas. Os símbolos da metalinguagem (em vermelho) seguem as mesmas conveções da figura 5.12.



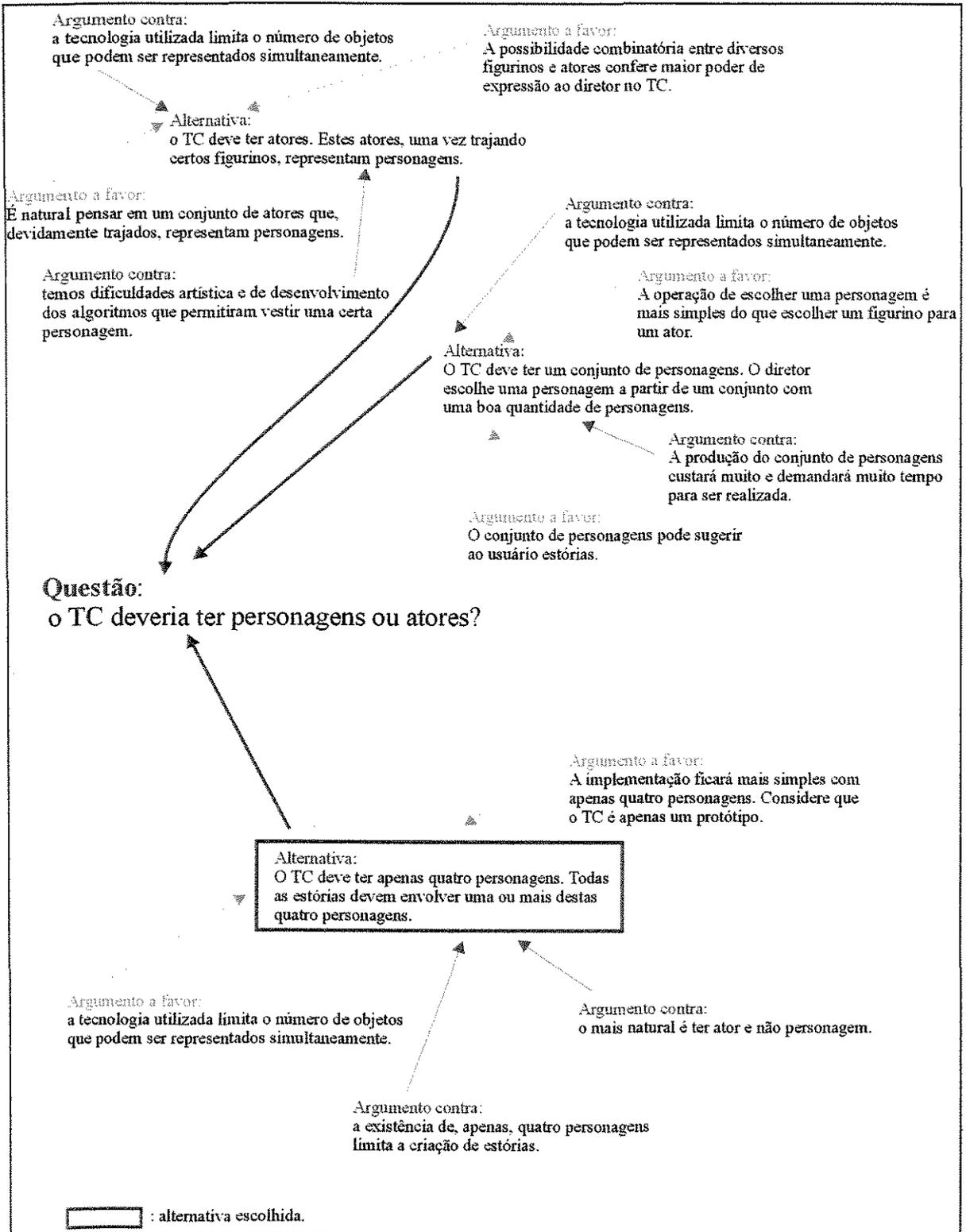
Para cada questão modelada, a equipe de design deve analisar os argumentos prós e contras cada alternativa de solução e eleger uma das alternativas como a alternativa a ser adotada no design do ambiente virtual.

⁶ O artefato em discussão denota questões, alternativas de solução e argumentos a favor e contra cada alternativa. É signo para tais questões, alternativas de solução e argumentos. Portanto tal artefato é modelo, da mesma maneira como também são modelos os modelos de entidades e de comunicações.

O modelo de análise de alternativas que propomos é baseado no IBIS (*Issue-Based Information System*), um modelo para design *rationale* desenvolvido na década de 70 (Dix *et al.*, 1998). Uma versão gráfica para o IBIS é proposta por Conklin e Yakemovic (1991; 1988). Nela, a questão fundamental, as subquestões, alternativas de solução e os argumentos são representados como nós de um grafo direcionado cujos arcos apresentam o relacionamento entre os nós.

A figura 5.14 ilustra um questionamento do modelo de análise de alternativas representado como um grafo de Conklin e Yakemovic. Trata-se do modelo de análise de alternativas para a questão “O TC deveria ter personagens ou atores?” levantada no modelo de entidades apresentado na figura 5.10. Três alternativas de solução são propostas e argumentos a favor e contra cada alternativa são colocados. Ao final, o designer (ou a equipe de design) escolheu uma alternativa tecnicamente factível, mesmo não sendo ela a melhor alternativa do ponto de vista semiótico.

Figura 5.14
 O modelo para
 um
 questionamento
 (fragmento do
 modelo de
 análises de
 alternativas do
 TC).



Poder de expressão dos modelos

Os modelos de entidades e de comunicações modelam, cada um deles, dois elementos do ambiente virtual: signos (*representamen*) e interpretantes presumidos. Em qualquer dos dois modelos, os interpretantes são modelados a partir de textos em linguagem natural escrita. No modelo de comunicações, os signos dos cenários são modelados também a partir de linguagem natural escrita. No modelo de entidades, as cenas são modeladas por meio de desenhos ou fotografias eventualmente enriquecidos com textos em linguagem natural escrita. Portanto, o poder de expressão do modelo de comunicações é equivalente ao da linguagem natural escrita enquanto que o do modelo de entidades varia entre o poder de expressão da linguagem natural escrita, no que se refere a interpretantes, e ao poder de expressão da linguagem natural escrita mais as possibilidades expressivas dos desenhos e fotografias, no que refere aos signos modelados⁷.

O modelo de análise de alternativas modela, por meio de linguagem natural escrita, questões, alternativas de soluções às questões e argumentos contra e a favor a cada alternativa. Logo, o poder de expressão deste modelo é equivalente ao da linguagem natural escrita.

5.6- ANÁLISE DO DOMÍNIO DO AMBIENTE VIRTUAL

A análise do domínio do ambiente virtual é a atividade inicial do processo de design do ambiente virtual e objetiva estabelecer, de maneira formal ou informal, um corpo de informações sobre o domínio de interesse. Não se trata do design do primeiro protótipo do ambiente virtual mas de uma coleção de informações sobre o sistema real ou hipotético sobre o qual se pretende desenvolver um ambiente virtual.

Realizada de maneira formal, como descreveremos nesta seção, ou informal, o objetivo da análise do domínio é reunir informações sobre o domínio de

⁷ Intuitivamente estamos supondo que o poder de expressão da linguagem natural escrita somado às linguagens dos desenhos e das fotografias é maior do que o poder de expressão da linguagem natural escrita sozinha, embora não possamos provar isto devido a inexistência de modelos matemáticos para estas linguagens a exemplo dos que existem para expressões regulares e linguagens livres de contexto.

interesse. A diferença está na maneira como estas informações são colecionadas. Na análise informal elas são reunidas sem nenhum método e formalismo e estão na maior parte presentes nas mentes dos designers, enquanto que na análise formal elas são reunidas através dos modelos de entidades e de comunicações e são obtidas a partir da execução sistemática das etapas que descreveremos.

Nesta seção e também nas próximas três seções que também tratam do processo de aplicação do método de design, à medida em que expomos aspectos teóricos também estaremos ilustrando, através do TC, a prática do processo.

As seguintes etapas devem ser executadas para análise do domínio do ambiente virtual:

1. Definir o ambiente virtual, o domínio e os limites da análise.
2. Definir as entidades em que o usuário pode imergir.
3. Coletar informações sobre o domínio do ambiente virtual.
4. Para cada entidade em que o usuário pode imergir:

Identificar entidades e estabelecer o modelo de entidades;

Identificar comunicações e estabelecer o modelo de comunicações.

As etapas (3) e (4) não se sucedem seqüencialmente mas fazem parte da dialética na qual a apropriação de informações conduz ao conhecimento que, por sua vez, possibilita a percepção de novas informações. Neste sentido, a etapa (3) de coleta de informações alimenta a etapa (4) de identificação e modelagem de entidades e de comunicações que, por sua vez, num processo cíclico, à medida em que o domínio torna-se mais conhecido, orienta o processo de coleta de informações. Em outras palavras, o que se tem aqui é a semiose do domínio do ambiente virtual.

Definição do ambiente virtual, do domínio e dos limites da análise

Antes de qualquer coisa é preciso, obviamente, definir clara e precisamente o ambiente virtual que se quer desenvolver. Esta definição pode ser realizada através de uma declaração de objetivos do ambiente virtual, realizada por meio de um texto em linguagem natural tal como é ilustrado pela figura 5.15. Preferencialmente este texto deve ser preciso e conciso.

Figura 5.15

Uma definição dos objetivos de um ambiente virtual.

Definição dos objetivos do TC

O objetivo do TC – Teatro no Computador – é permitir a criação, a execução e a atuação de crianças em peças de teatro.

Apesar do resultado da análise do domínio do ambiente virtual (os modelos de entidades e de comunicações) referir-se a entidades e comunicações de um sistema real ou hipotético subjacente ao domínio e não às entidades e comunicações que farão parte do futuro ambiente virtual, a definição do ambiente virtual orienta a definição do domínio circunscrevendo uma certa abstração sobre a qual o domínio deve ser observado para fins de análise.

Definido o ambiente virtual, o domínio subjacente ao ambiente virtual está, por conseguinte, determinado. No caso do TC o domínio é o do Teatro (figura 5.16).

Figura 5.16

Uma definição do domínio de análise.

Definição do domínio de análise

O Teatro.

No entanto domínios são compostos por uma intrincada rede de sistemas. Por exemplo, no Teatro podemos identificar uma série de sistemas: o sistema de desenvolvimento de peças, o sistema administrativo que gere os recursos da companhia teatral, o sistema de divulgação e marketing das peças, o sistema de arrecadação e de contratos com patrocinadores, etc.. Há ainda sistemas que não estão diretamente relacionados com o Teatro mas dele

também fazem parte indiretamente: o sistema capitalista (ou outro) que envolve o teatro, o ecossistema em que vivem os atores, diretores, sonoplastas, figurinistas e outros participantes do teatro, o sistema tecnológico que suporta os sons, luzes e efeitos especiais, o sistema arquitetônico que define o design das instalações da casa teatral etc..

Talvez uma das tarefas mais difíceis em qualquer tipo de modelagem é determinar o que faz parte do que se quer modelar e o que não faz. Qualquer sistema, não importando quão ambicioso ou grandioso seja, fará sempre parte de um sistema ainda maior. Mesmo que a nossa tarefa fosse a de modelar todos os fenômenos da Terra, teríamos de reconhecer que a terra é somente uma parte do sistema solar que é parte de uma galáxia pequena e obscura, que é afinal parte do universo.

Deste modo, nós precisamos estabelecer os limites da nossa análise, isto é, definir dentro do domínio de nosso interesse o que queremos modelar. Em outras palavras, precisamos definir uma envoltória imaginária que circunde o que queremos analisar e deixe de fora os elementos que não queremos. Esta envoltória imaginária pode ser materializada por um texto em linguagem natural. Isto pode ser feito por uma declaração dos limites da análise. A figura 5.17 ilustra a definição dos limites da análise para o domínio do Teatro.

Figura 5.17

Uma definição dos limites de análise de um domínio.

Definição dos limites da análise para o domínio do Teatro

A análise está restrita aos aspectos técnicos pertinentes ao desenvolvimento e à execução de peças de teatro. Não se inclui nestes limites atividades administrativas, de divulgação, de marketing ou acordo com patrocinadores, por exemplo.

Os limites da análise devem ser coerentes com os objetivos estabelecidos para o ambiente virtual, isto é, não devem ser tão pequenos a ponto de não contemplar elementos do domínio (entidades e comunicações) necessários ao ambiente virtual e nem ser tão grande a ponto de incluir elementos desnecessários ao ambiente virtual.

Definição das entidades em que o usuário pode imergir

O nosso interesse é modelar as entidades e as comunicações segundo o ponto de vista de um usuário imerso no ambiente e não segundo o ponto de vista de um modelador olhando o domínio do ambiente virtual de cima para baixo. Os “textos” dos modelos (entidades, comunicações) não são narrativas do que o modelador vê mas são o relato do que o modelador vê quando se coloca na “pele” do usuário imerso no ambiente.

Modelos distintos devem ser estabelecidos para cada forma de imersão do usuário no ambiente. Em geral a maioria dos ambientes virtuais contam com apenas uma forma de imergir o usuário, embora isto não seja sempre verdade. A figura 5.18 ilustra a definição das entidades nas quais o usuário pode imergir no TC.

Figura 5.18

Uma definição das entidades em que o usuário pode imergir.

Definição das entidades em que o usuário pode imergir no TC

- Diretor
- Espectador
- Ator
- Autor

Coleta de informações sobre o domínio do ambiente virtual

As informações para os modelos que devem ser estabelecidos provêm da definição do ambiente virtual, do perfeito conhecimento do domínio de interesse e do conhecimento geral do mundo real. Se o designer não for um perito no domínio, as informações deverão ser obtidas com peritos no domínio, usuários, documentos, textos, observações de campo (se for o caso), entrevistas, enfim, todo e qualquer material ou fonte que informe algo sobre o domínio de interesse.

Nós usamos textos introdutórios ao teatro (Machado e Rosman, 1996; Magaldí, 1986; Casa Branca, 1982) e uma seção sobre o projeto arquitetônico de teatros em Neufert (1981) como fonte de informação para análise do domínio do ambiente virtual TC. A figura 5.19 ilustra alguns

fragmentos destes textos. Usaremos estes fragmentos para ilustrar as próximas etapas da análise do domínio do ambiente virtual.

Além de documentos que descrevem ou são partes integrantes do domínio, outras fontes para coleta de informações são úteis. Observações formais ou informais sobre o domínio podem ser obtidas no campo ou em laboratório, usando-se ou não recursos como gravação de áudio e vídeo entre outros. Muito tem sido escrito sobre técnicas de observação (Dix *et al.*, 1998; Dray, 1998; Lewis, Rieman, 1995; Kennedy, 1995; Hicinbothom *et al.*, 1994; Preece *et al.*, 1994) e sobre as dificuldades inerentes à tarefa de observar: fatores psicológicos do sujeito que sabe que está sendo observado, volume grande de dados a analisar, tendência do observador a ver o que ele quer ver (Diaper, 1989) etc..

A entrevista com especialistas (supervisores, diretores, trabalhadores, estudiosos do domínio etc.) é freqüentemente a maneira mais direta e rápida para se obter informações sobre o domínio. A literatura é farta no que se refere a princípios e técnicas para entrevistas (Dix *et al.*, 1998; Marinelli e Stevens, 1998; Wood, 1997; Preece *et al.*, 1994; Stewart e Stewart, 1978).

Figura 5.19

Fragmentos de textos presentes em fontes de informação sobre o domínio do Teatro (Casa Branca, 1982; Machado e Rosman, 1996; Magaldi, 1986; Neufert, 1981).

Quem sonha e pensa em montar uma peça teatral já ganhou a primeira função dentro do espetáculo: a de produtor. Sua tarefa é a de impulsionar todo o dinamismo que vai fazer com que a peça estreie. Em termos profissionais, é a pessoa que se encarregará de conseguir o dinheiro suficiente para a encenação, bem como de escolher o texto a ser encenado. Muitas vezes a idéia da peça não parte do produtor, mas suas funções (com a idéia ou sem ela !) são sempre as mesmas. ...

Uma vez nascido o produtor, ele escolherá a segunda peça do jogo: aquele que irá dar forma às palavras e materializará os personagens que o autor criou no papel: o diretor. ...

O diretor vive cada instante do texto, e tem que ter na cabeça a idéia do espetáculo como um todo. Ele sabe qual o gesto que enriquece o personagem, que tipo de música deve fazer fundo para uma cena, e até qual a cor ideal para o vestido da atriz. ... Uma vez estabelecidos os seus objetivos, ele será auxiliado por pessoas específicas (figurinistas, músicos, cenógrafos, etc), para conseguir o que pretende. ...

Quanto mais perfeita for a sua idéia sobre o texto, melhor esse texto chegará ao espectador. O diretor mastiga e digere o texto. É um trabalho que exige muito da sua criatividade. Muitas vezes um texto simples ganha uma dimensão muito bonita dentro do espetáculo porque o diretor acrescenta a ele algum elemento cênico (um gesto, um som, uma expressão de rosto) e a combinação resulta num sucesso. ...

De comum acordo com o produtor, o diretor passará a montar a sua equipe de trabalho. Muitas vezes o autor é consultado sobre a escolha de atores, mas geralmente é o diretor quem dá a palavra final sobre quem será o quê. ... O diretor é

quem sabe das possibilidades de um ator vestir determinado personagem. ... O relacionamento diretor/ator se prolonga além do palco, além da cena. Juntos vão dar vida a um personagem, que por sua vez saiu da imaginação de outra pessoa. ...

O diretor segura firmemente as rédeas de todo o elenco. É sabido que existem os atores e atrizes chamados "vedetes". São os que impõem a sua forma de interpretação e tentam dominar todas as cenas, muitas vezes dificultando o trabalho do restante do elenco. Um ator deve participar do espetáculo como se estivesse em um time, desempenhando bem a sua parte e dando condições para que os outros também o façam.

Estudadas essas situações, escolhidos os atores, uma parte do quem é quem está completa. Porém, existe ainda uma outra parte que não aparece em cena, mas que atua tanto quanto.

Toda peça, acontece em determinado lugar, no tempo e no espaço. Para isso são necessários os cenários, que irão determinar o pano de fundo, a idéia visual. ...

O trabalho do cenógrafo é criar o espaço artificial, fazendo com que ele seja o mais natural possível. Para isso contribuem vários fatores: os recursos do teatro, a disponibilidade de verbas e, principalmente, a idéia do diretor quanto à concepção cênica. ...

Ao mesmo tempo em que é determinado o cenário, surge a tarefa de vestir os personagens, através do figurinista. Muitas vezes as duas tarefas são desempenhadas pela mesma pessoa, mas nada impede que sejam dois os atuantes, desde que trabalhem em equipe, em um só processo de criação. ... O figurinista deve entender perfeitamente a função de cada ator diante do texto e, ainda, estar de acordo com a concepção do diretor. ... Quando a ação se dá em épocas passadas, o figurinista deverá recorrer a pesquisas históricas para não ser anacrônico, isto é, para não confundir datas, fatos, costumes, etc. ...

O iluminador cria toda luz e sombra necessárias ao desenrolar do espetáculo. Conhecendo os momentos do texto, ele fará da luz um elemento a mais de auxílio ao público. O iluminador - que trabalha durante a peça - conhece todas as falas e também a marcação (lugar onde os atores dirão as suas falas), para que a iluminação possa funcionar exatamente onde for necessário. O iluminador não só é um artista como também precisa ter muitos conhecimentos sobre eletricidade para que o seu trabalho seja bom. ...

O técnico de som ou sonoplasta é quem se encarrega das músicas e dos ruídos exigidos pelo texto. A música é muito importante, e até auxilia os atores em determinadas cenas. Para a encenação de peças não-musicais não é comum a composição de novos temas; portanto, o sonoplasta certamente irá usar músicas já compostas, muitas vezes aquelas utilizadas em filmes. Para envolver a platéia, ele terá que usar a música adequada à situação, podendo inclusive fundir duas ou mais músicas no mesmo trecho. Os ruídos (tempestades, canhões, tiros, telefone, etc), também muito necessários, podem ser "colhidos" e gravados em fitas, ou fabricados na hora. ...

E existem ainda muitos outros: o contra-regra, encarregando-se de providenciar que o cenário esteja em ordem e que todos os objetos estejam prontos na hora certa em que deverão ser usados; o maquiador, utilizando cosméticos, perucas, barrigas falsas e todo um arsenal saído de sua imaginação para melhor transformar o ator em personagem; o ponto, hoje não mais utilizado no teatro profissional (mas às

vezes utilíssimo no teatro amador !) e que se encarregava de ficar escondido com o texto nas mãos para evitar que o ator escorregasse numa fala; o administrador, que supervisiona todas as apresentações, faz os pagamentos, enfim, cuida da parte financeira da equipe; os bilheteiros e porteiros, vendendo e recebendo os ingressos; o lanterinha, indicando os lugares; as camareiras, auxiliando os atores nas trocas de roupas e adereços. ...

O primeiro a compreender todo o sentido da peça é o diretor. Para isso ele passa algum tempo estudando o seu conteúdo e personagens, e muitas vezes realizando pesquisas complementares sobre o assunto. Por exemplo, se a peça tem a sua ação situada em um determinado momento histórico, o diretor irá colher em livros de História elementos que o ajudem a compreender a época e pensamento dominante. Depois dessa pesquisa ele filtra tudo, imaginando como o texto seria dito e trabalhado para um público.

Reunindo todos os atores (cada um já conhecendo o seu personagem pelo nome), é feita a leitura branca, ou seja, cada um lê a sua parte sem se preocupar com a interpretação em si. A leitura branca é o conhecimento global do texto. ...

Cada diretor tem a sua técnica, ou método próprio de trabalho, dependendo de sua criatividade; mas uma técnica bastante utilizada é o chamado laboratório, onde os atores irão "trabalhar" sobre seus personagens.

Assim se a atriz for viver uma manicure, ela passará a observar a ação das manicures em diversos lugares para aprender os seus gestos e comportamento); aprenderá a tratar de unhas, e juntamente com o diretor, passará a criar, uma história para seu personagem, com elementos não-contidos no texto. ...

A interpretação é uma cessão do corpo. O ator deixa de ser ele, pessoa para - por determinado tempo - tornar-se uma pessoa imaginária, deixando-se absorver por inteiro naquilo que faz e sente. ... À medida que os ensaios continuam, os atores passam a decorar seus textos, às vezes até auxiliados por pessoas específicas, cuja função é ajudar cada um a decorar suas falas. ... Uma vez decorado o texto, o diretor começa a "brincar" com os atores. De repente, durante um ensaio, ele faz com que a atriz recite o texto do ator, e vice-versa. Com isso ele verifica se eles estão conhecendo bem todo o texto. Outra técnica: ele escolhe uma palavra do texto e faz com que cada um prossiga a frase. ...

Normalmente, o diretor primeiro deixa o ator se soltar dentro do papel, depois sugere adaptações de gestos ou de corpo, partindo finalmente para a marcação. Essa tarefa será feita no palco ou em espaço semelhante àquele a ser usado nas apresentações. Quando a marcação é feita fora do palco usa-se giz para marcar no chão a disposição do cenário (portas, móveis, paredes, janelas, etc). Partindo dessa planta do palco, o diretor indica como os atores deverão se movimentar naquele espaço.

Afiados nesses ensaios, os atores realizam ainda um outro, feito no próprio palco, com os móveis, paredes, janelas, portas e tudo o mais em seus devidos lugares. Muitos diretores exigem ainda o ensaio com os figurinos para ver o produto acabado. Mas, na verdade ele ainda não está acabado. Até depois do espetáculo o diretor continua executando suas funções, "limpando" o texto. ... Muitas vezes um ato inteiro é reformulado porque ficou muito cansativo e não transmitiu ao público aquilo que o diretor pretendia. Enfim "limpar" o espetáculo é torná-lo mais adequado às próximas platéias que virão assisti-lo.

Funcionalmente, um teatro divide-se em três partes: (1) acessos (vestibulos, átrios, guarda-roupas etc.); (2) sala de espetáculos; (3) palco (cena, bastidores, camarins, salas de ensaios etc.) ... O pavimento da fila de acentos mais altas e mais baixa acessíveis desde a platéia não devem passar duma profundidade maior que um metro e nem duma altura maior que dois metros em relação ao nível médio da platéia. ...Não se distingue convenientemente as feições e expressões dos atores a partir de 30 metros de distância. Assim, nos teatros de comédia, variedades etc., nos que a mimica e os pequenos gestos tem um papel importantíssimo, a profundidade da sala deve ser menor ou igual a 45 metros e para ópera ou ballet menor ou igual a 70 metros.

Identificação das entidades e estabelecimento do modelo de entidades

Os modelos de entidades são relativos à entidade que o usuário pode imergir. Para cada entidade em que o usuário pode imergir deve-se identificar entidades e o correspondente modelo de entidades deve ser estabelecido. Isto é, para cada entidade em que o usuário pode imergir, um conjunto de submodelos de entidades devem ser desenvolvidos.

Como falamos, esta etapa não deve ser executada isoladamente da etapa de coleta de informações sobre o domínio: ambas se complementam na medida em que uma fornece informações para a outra. Trata-se da semiose do modelo de entidades.

A definição dos objetivos do ambiente virtual, do domínio, dos limites da análise e da entidade que o usuário pode imergir orientam o processo de modelagem das entidades. O modelador deve a todo momento ter em mente tais definições pois o fato de algo ser ou não ser uma entidade depende, como veremos, destas definições. É possível que, no decorrer da análise, se perceba que uma ou outra destas definições não está muito acertada e assim, se este for o caso, tais definições devem ser reparadas. Observe novamente a presença do pensamento dialético que permeia todo o nosso processo de design. Especificamente aqui, as definições iniciais (objetivos do ambiente virtual, domínio, limites de análise, entidades em que o usuário pode imergir) orientam a análise de entidades mas podem ser por esta análise também modificada.

O primeiro passo para se desenvolver um modelo de entidades, após se fixar uma entidade em que o usuário pode imergir, é descobrir que coisas do

domínio são entidades para o usuário. Para isto as informações coletadas na forma de documentos, entrevistas e relatos formais ou informais de observações são úteis. Todo substantivo presente nestas informações nomeia uma possível entidade⁸. Algo nomeado por um substantivo será uma entidade se referenciar alguma coisa, dentro dos limites de análise do domínio do ambiente virtual, que possui uma função comunicativa relativa à entidade em que ele, usuário, está imerso. Neste contexto, dizer que alguma coisa possui “função comunicativa” significa dizer que esta coisa emite signos para a entidade que o usuário está imerso segundo uma das três possibilidades discutidas na seção 5.2, ilustradas na figura 5.8, ou a um complexo destas possibilidades. Isto é, esta coisa emite signo para a entidade em que o usuário está imerso (1) ela mesma pela sua forma, cor, textura, tom, ruído, cheiro, modo próprio de agir etc., (2) por meio de sentenças em uma linguagem conhecida pelo usuário, (3) indiretamente por meio da interação física, química, social etc. com uma outra entidade.

A figura 5.20 ilustra um subconjunto das entidades identificadas para o usuário imerso no domínio do Teatro como um diretor. Estas entidades são nomeadas por substantivos que aparecem nos fragmentos de textos presentes nas fontes de informação sobre o domínio do Teatro que utilizamos na nossa análise (figura 5.19). Além disso, cada um destes substantivos nomeia algo com função comunicativa para o usuário imerso como um diretor no domínio do Teatro, observadas as definições para o ambiente virtual e para os limites da análise.

⁸ A exemplo do que também propõem alguns métodos de análise de sistemas baseados em dados (ElMasri e Navathe, 1989) e orientados a objetos (Jacobson, Booch e Rumbaugh, 1999; Booch, 1991; Rumbaugh *et al.*, 1991) nós também usamos os substantivos e verbos como indicadores de elementos a serem identificados pelo método.

Figura 5.20

Subconjunto das entidades percebidas pelo usuário imerso no domínio do Teatro como um diretor.

• Personagem	• Contra-regra	• Peça
• Ator	• Maquiador	• Palco
• Músico	• Apontador	• Platéia
• Cenário (objeto)	• Som	• Guarda-roupas
• Figurinista	• Música	• Ponto
• Cenógrafo	• Luz	• Vestíbulo
• Sonoplasta	• Script	• Bastidor
• Autor	• Cena	• Sala de espetáculos
• Iluminador	• Elenco	• Sala de ensaios

Entretanto muitos substantivos presentes nas fontes de informação sobre o domínio do Teatro não nomeiam entidades para o usuário imerso como um diretor, guardando os limites da análise e os objetivos do ambiente virtual. Por exemplo, bilheteiro, porteiro, lanterminha (aquele que indica os lugares) e administrador (aquele que supervisiona as apresentações e faz os pagamentos) estão fora dos objetivos estabelecidos para o ambiente virtual e estão além dos limites definidos para a análise do domínio do Teatro.

Há ocasiões em que dois ou mais substantivos nas fontes de informação nomeiam a mesma entidade. Neste caso, o substantivo mais descritivo deve ser conservado e os demais descartados. Outras vezes o termo que aparece nas fontes de informação pode não ser o mais apropriado. Por exemplo, embora o termo “texto” designe também um texto teatral, o termo “script” é mais apropriado a esta finalidade e foi o escolhido. De forma similar escolhemos o termo “som” e não o termo “ruído” para nomear barulhos tais como o de uma tempestade, tiros, campainha de telefone, o tilintar de sinos etc..

Ocorre também nas fontes de informação sobre o domínio diversos substantivos que nomeiam entidades específicas a uma certa implementação. Isto é natural pois qualquer domínio (real ou imaginário) está “materializado” de alguma maneira. Por exemplo, nas fontes de informação sobre o domínio do Teatro que utilizamos encontramos algumas implementações mais comuns a grandes teatros do que a pequenos teatros

tais como “sala de ensaios” e “vestibulos”. Outras implementações que utilizam o “apontador” (aquele que, em voz baixa, vai recordando aos atores as suas falas) e o “ponto” (o local onde se esconde o apontador da vista da platéia), praticamente desapareceram nos teatros profissionais mas ocorrem frequentemente nos teatros amadores. Nestes casos o modelador deve fazer figurar tais implementações entre as entidades do domínio, desde que sejam entidades obviamente, mas deve ter em mente que o ambiente virtual a ser desenvolvido pode ou não implementá-las.

Uma entidade não precisa necessariamente ser constituída de matéria concreta, apenas precisa se fazer signo ou emitir signos direta ou indiretamente para o usuário imerso. Por exemplo, “luz”, “som”, “música” são entidades para o usuário imerso no domínio do Teatro como um diretor, uma vez que possuem função comunicativa para ele e ao mesmo tempo são pertinentes aos objetivos do ambiente virtual e enquadram-se nos limites de análise.

Algumas entidades referem-se ao coletivo, constituindo-se em uma nítida agregação homogênea ou heterogênea de duas ou mais outras entidades. Por exemplo, “elenco” é uma agregação homogênea de atores enquanto que “sala de espetáculos” é uma agregação heterogênea de palco, platéia, cortinas etc..

O conjunto de entidades percebidas pelo usuário varia de acordo com os limites estabelecidos para a análise e com os objetivos do ambiente virtual mas depende fundamentalmente da entidade em que usuário está imerso. Por exemplo, muitos elementos do domínio do Teatro, considerados entidades para o usuário imerso como um diretor, não são entidades para o usuário imerso como um espectador. Por exemplo, diretor, figurinista, sonoplasta, cenógrafo, autor, iluminador, maquiador, apontador, ponto, vestibulo não possuem função comunicativa para o usuário imerso no domínio do Teatro como um espectador.

Descoberto o conjunto de entidades, o modelo de entidades pode ser desenvolvido.

Este modelo de entidades, criado na fase de análise do domínio, presta-se a uma finalidade diferente do modelo de entidades criado e trabalhado nas

fases de desenvolvimento e avaliação, quando um protótipo do ambiente virtual existe. O modelo de entidade das fases de desenvolvimento e avaliação modela o ambiente virtual, é um “mapa” do ambiente virtual tal como ele é visto pelo designer, contém cenas (fotografias) do ambiente virtual e uma seção de avaliação. Já o modelo de entidades da fase de análise do domínio objetiva descrever o domínio como ele é, suas entidades e a interpretação que o designer dá a cada uma destas entidades. Neste caso, a seção de avaliação deste modelo não se aplica.

Para desenvolver o modelo de entidades o modelador deve escolher cenas salientes do domínio, vistas sobre o ponto de vista do usuário imerso no ambiente, e para cada uma delas descrever o interpretante de cada entidade que aparece na cena, estabelecendo assim submodelos de entidades semelhante ao da figura 5.10. A cena propriamente dita pode ser um esboço a mão, um desenho ou uma fotografia.

Identificação das comunicações e estabelecimento do modelo de comunicações

Assim como o modelo de entidades, o modelo de comunicações é relativo a cada entidade em que o usuário pode imergir.

O processo de obtenção do modelo de comunicações também guarda as seguintes similaridades com o processo de obtenção do modelo de entidades: (1) a modelagem de comunicação e a etapa de coleta de informações complementam-se num processo dialético – a semiose do modelo de comunicações; (2) a definição dos objetivos do ambiente virtual, do domínio, dos limites da análise e da entidade em que o usuário pode imergir orientam a modelagem de comunicações mas podem ser por esta modelagem também alteradas.

O primeiro passo para se desenvolver o modelo de comunicações, após se fixar uma entidade em que o usuário pode imergir é descobrir as tarefas realizadas pelas entidades percebidas pelo usuário imerso e pela entidade do usuário imerso. Estas tarefas permitirão o estabelecimento de modelos de diálogo salientes e a descoberta das comunicações entre as entidades.

As informações coletadas na forma de documentos, entrevistas e relatos formais ou informais das observações de campo constituem a fonte de informação para pesquisa das tarefas. Todo verbo na fonte de informação nomeia uma possível tarefa. Se o verbo nomear uma ação, dentro dos limites de análise e dos objetivos do ambiente virtual, que esteja associado a uma das entidades percebidas pelo usuário imerso ou à entidade do usuário imerso, então esta ação é uma tarefa para a entidade a que ela se refere.

A figura 5.21 apresenta um subconjunto de tarefas das entidades diretor e ator observadas quando o usuário está imerso no domínio como um diretor. Estas tarefas são nomeadas por verbos que aparecem nos fragmentos de textos presentes nas fontes de informação sobre o domínio do Teatro (figura 5.19) que se referem a ações dentro dos limites estabelecidos para análise e para os objetivos do ambiente virtual. Observe que as tarefas estão associadas a cada uma das entidades: ator e diretor.

Os verbos nas fontes de informações apontam para as tarefas mas estão inseridos dentro do contexto destas fontes e freqüentemente não podem ser levados diretamente (ao pé da letra) para uma lista de tarefas como a da figura 5.21. O modelador deve interpretar o significado do texto e rescrever a tarefa apropriadamente. Por exemplo, as tarefas subjacentes ao seguinte fragmento do texto da figura 5.19 "... Para isto ele (o diretor) passa algum tempo estudando o seu conteúdo (o script da peça) e personagens e muitas vezes realizando pesquisas complementares sobre o assunto." foram descritas na lista de tarefas da figura 5.21 como "Estudar o script da peça." e "Fazer pesquisa sobre o assunto da peça."

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Figura 5.21

Subconjunto de tarefas associadas às entidades diretor e ator no domínio do Teatro.

Diretor	Ator
<ul style="list-style-type: none"> • Estudar o script da peça. • Fazer pesquisa sobre o assunto da peça. • Montar elenco. • Distribuir papéis aos atores. • Coordenar a “leitura branca” do script. • Coordenar os ensaios. • Sugerir aos atores adaptações de gestos, posição do corpo, modo de falar etc.. • Compor o cenário com a ajuda do cenógrafo. • Escolher músicas e ruídos com o auxílio do sonoplasta e músicos. • Planejar a iluminação. • Escolher/planejar o figurino com o auxílio do figurinista. • Fazer a marcação: posição dos atores, itens de cenário, luzes, tempo de início e fim de músicas e sons diversos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estudar o script de maneira global. • Fazer “leitura branca” do script. • Estudar o comportamento da personagem na vida real, em livros etc.. • Interpretar. • Decorar o script. • Ensaiar.

Entretanto o que desejamos não é um conjunto de tarefas mas é o estabelecimento do modelo de comunicações. O modelo de comunicações é formado por um conjunto de modelos de diálogos salientes. Um **modelo de diálogo saliente** é um modelo que capta um aspecto não presente em outros modelos de diálogos. O conceito de modelo de diálogo saliente foi proposto por Potts (1995) como forma de se estabelecer uma cobertura representativa de cenários de interação dentro de um sistema. A obtenção dos modelos de diálogo salientes pode ser feita através da estratégia descrita a seguir.

Para cada tarefa atribuída a uma entidade deve ser desenvolvido um modelo de diálogo, como o da figura 5.12, para uma situação normal de processamento, isto é, uma situação na qual o diálogo entre as entidades envolvidas prossegue sem qualquer obstáculo à consecução da tarefa ou qualquer situação de erro. Depois devem ser criados também modelos de diálogo para situações especiais de processamento da tarefa na qual certos obstáculos podem influir no fluxo normal de processamento da tarefa. Por exemplo, para a tarefa de distribuir papéis aos atores crie um modelo de diálogo entre diretor e atores no qual a distribuição de papéis planejada pelo diretor é prontamente aceita pelos atores. Esta é a situação que chamamos de normal. Mas crie também um ou mais modelos de diálogo para a situações na qual a distribuição de papéis planejada pelo diretor não é aceita por um ou mais atores.

Algumas tarefas são atribuídas ao mesmo tempo a mais de uma entidade. Isto ocorre quando mais que uma entidade participa da mesma tarefa. Por exemplo, a tarefa de ensaiar é atribuída simultaneamente ao diretor e aos atores. Obviamente, em casos como este apenas um conjunto de modelos de diálogo (situação normal e situações especiais) devem ser compostos e não um conjunto de modelos para o diretor e um conjunto de modelos para os atores.

O estabelecimento de modelos de diálogo a partir das tarefas atribuídas a cada entidade é uma maneira de se atingir um conjunto de modelos que captam, senão todas os possíveis tipos de comunicações, uma quantidade bastante representativa deles. Por fim deve-se verificar, a partir das fontes de informações sobre o domínio, se nenhum outro modelo de diálogo deve ser desenvolvido.

5.7- ANÁLISE DE ALTERNATIVAS

O objetivo desta fase é a análise de alternativas de design do ambiente virtual e o estabelecimento do modelo de análise de alternativas que documenta as alternativas escolhidas.

Em se tratando de design da primeira versão do ambiente virtual, o que se tem em mãos para análise de alternativas são os modelos de entidades e de

comunicações que representam o domínio e são provenientes da fase de análise de domínio. Em outras versões do ambiente virtual, o que se tem em mãos são as questões apontadas na fase de avaliação. Em todo caso o que se quer como resultado é analisar alternativas ao design do ambiente virtual, isto é, analisar alternativas para os modelos de entidades e de comunicações do ambiente virtual.

Novamente aqui estamos diante de mais um processo dialético e que, portanto, deve ser executado em conjunto: a análise de alternativas orienta o desenvolvimento dos modelos de entidades e de comunicações que, por sua vez, determina novas questões cujas alternativas de solução devem ser analisadas.

Os trabalhos envolvidos nesta fase são ligeiramente diferentes caso se trate do design da primeira versão do ambiente virtual ou não.

Quando se trata de redesign do ambiente virtual as questões para análise de alternativas são levantadas previamente na fase de avaliação e os trabalhos de análise podem começar imediatamente.

Quando se trata do design da primeira versão do ambiente virtual os modelos de entidades e de comunicações que modelam o domínio formam o ponto de partida. Estes modelos servem de base para o estabelecimento dos modelos de entidades e de comunicação do ambiente virtual. No entanto, o designer deve considerar diferentes signos (*representamen*) para materializar as entidades e as comunicações, considerando o software, o hardware e os dispositivos de entrada e saída disponíveis, o tempo de execução, a memória e outras medidas de custo e desempenho. São justamente estas considerações que fomentam as questões a serem analisadas.

Por exemplo, considerando os modelos de entidades e de comunicação estabelecidos para o domínio do Teatro, são questões pertinentes ao design da primeira versão do TC: (1) “a entidade figurinista deve ser incorporada ao TC?”; (2) “As entidades autor e diretor devem ser fundidas para facilidade de expressão da estória em todos os seus aspectos: falas, sons, músicas etc.”; (3) “O TC deve ter vestíbulo?”; (4) “Que tipo de canal de comunicação (voz, apontamento em um menu de escolhas etc.) deve ser estabelecida entre o diretor e os atores?”

A análise de cada questão deve, então, ser realizada e o respectivo modelo de análise de alternativas, conforme descrito na seção 5.5, deve documentá-la. Novas questões podem surgir, entretanto, motivadas por uma alternativa escolhida.

5.8- DESENVOLVIMENTO

O objetivo desta fase é o estabelecimento do modelo de entidades e de comunicações para o ambiente virtual. Isto envolve o planejamento de submodelos de entidades (modelo de entidades), modelos de diálogos (modelo de comunicações) salientes e a escolha dos signos (*representamen*) para cada entidade e cada comunicação presentes nestes modelos.

O ponto de partida para os trabalhos desta fase são as alternativas de design escolhidas na fase de análise de alternativas e os modelos de entidades e comunicações do ambiente virtual ou do domínio.

Em se tratando de redesign do ambiente virtual os modelos de entidades e comunicações já são os do ambiente virtual.

Quando se trata de design da primeira versão do ambiente virtual os modelos de entidades e comunicações são os do domínio e neste caso o melhor e o mais curto caminho é considerar inicialmente o modelo de entidades e de comunicações do ambiente virtual igual, inicialmente, aos respectivos modelos do domínio, obtidos na fase de análise do domínio. O trabalho então passa a ser o de alteração do modelo devido às possibilidades expressivas da mídia computacional que são diferentes, em geral, das possibilidades expressivas na “mídia” do domínio.

O trabalho da fase de desenvolvimento pode ser comparado ao trabalho de escrita (ou rescrita) de um texto conhecendo-se o conteúdo que deve ser materializado. Ou seja, o trabalho aqui envolvido é o do estabelecimento dos signos (*representamen*) que materializarão o ambiente virtual, considerando as capacidades expressivas da mídia subjacente à tecnologia utilizada (dispositivos de entrada e saída, velocidade de processamento da CPU, memória disponível, etc.). Os trabalhos de (Kessler, 1999; Linderman, Sibert e Hahn, 1999; Wloca e Geenfield, 1995; Herdon e Meyer, 1994, Conner *et*.

al., 1992) podem ser úteis neste momento na medida em que estabelecem padrões para certos tipos expressivos comuns em ambientes virtuais. De forma análoga o trabalho de Mine (1995) discute procedimentos de interação comuns em ambientes virtuais. Subjacente a estes procedimentos, estão “sentenças” usuais relativas à comunicação nestes ambientes.

5.9- AVALIAÇÃO

Um ambiente virtual pode ser avaliado a partir de muitos pontos de vista. Por exemplo, o tempo de latência, a robustez, a tolerância a falhas, o volume de trabalho (espaço físico real no qual o usuário pode se movimentar), a completude de tarefas realizadas, a taxa de erros, a facilidade de aprendizagem, a carga de trabalho e a impressão subjetiva são algumas medidas de usabilidade freqüentemente descritas na literatura. Em nosso método nós não aferiremos diretamente tais medidas. O que medimos é algo mais genérico cujo “valor” é afetado pelo conjunto destas medidas individuais. O que medimos toca indiretamente em todas estas medidas individuais.

Objetivamos medir o quanto é consistente o interpretante do usuário, constatado por observação de uso, e o interpretante que o designer presume que o usuário irá ter na presença das entidades e das comunicações entre as entidades do ambiente virtual.

O modelo de entidades e o modelo de comunicações do ambiente virtual, da maneira como os concebemos, têm uma dupla finalidade, uma mais óbvia e outra menos óbvia. A mais óbvia é que eles são uma representação do ambiente virtual que abstrai as características que nos interessam: as entidades e as comunicações enquanto signos que são. A menos óbvia é que eles atuam como um roteiro para avaliação e como material para expressão dos próprios resultados da avaliação.

Constituindo-se os modelos o próprio roteiro para avaliação, o plano de avaliação já está composto quando a fase de avaliação se inicia. O que o nosso método propõe é a realização de observação de uso do ambiente virtual e entrevistas com usuários imersos no ambiente segundo cada situação prescrita em cada submodelo de entidades e cada modelo de

diálogo. Recordamos que o modelo de entidades é composto por um conjunto de submodelos de entidades, cada qual contendo uma cena para ser avaliada que subentende o usuário imerso de uma certa maneira e que, analogamente, o modelo de comunicações é composto por um conjunto de modelos de diálogo cada um deles contendo um cenário que também subentende o usuário imerso no ambiente de um certo modo. Desta maneira, o que deve ser observado e de que forma deve ser observado está bem definido nos próprios modelos.

As observações devem então ser feitas e as entrevistas podem ajudar o avaliador a formar opinião sobre o que se objetiva medir, isto é, a consistência entre o interpretante do usuário, constatado por observação de uso, e o interpretante que o designer presume que o usuário irá ter na presença das entidades e das comunicações entre as entidades do ambiente virtual. Salientamos que o interpretante presumido pelo designer consta dos próprios modelos, uma vez que são prescritos na fase de desenvolvimento.

A literatura fornece vasto material sobre técnicas para a realização de observações (Dix *et al.*, 1998; Dray, 1998; Lewis, Rieman, 1995; Kennedy, 1995; Hicinbothom *et al.*, 1994; Preece *et al.*, 1994) e entrevistas (Dix *et al.*, 1998; Marinelli e Stevens, 1998; Wood, 1997; Preece *et al.*, 1994; Stewart e Stewart, 1978).

Para cada inconsistência encontrada, o avaliador deve levantar uma questão de design e descrevê-la junto ao submodelo de entidades ou de diálogo em que a ela foi encontrada. O resultado da avaliação é, portanto, o conjunto de questões levantadas e descritas juntas aos seus respectivos modelos.

Contribuições do modelo conceitual de interação proposto ao design de outras classes de software

- 6.1- Evolução dos modelos conceituais subjacentes às interfaces 161
- 6.2- Limitações da metáfora desktop enquanto modelo conceitual para interação 162
- 6.3- O potencial do modelo conceitual proposto para superar as limitações do modelo baseado na metáfora desktop 163

Neste capítulo nós descrevemos brevemente a evolução do conceito de interface desde a modificação de circuitos eletrônicos nos primeiros computadores até as amplamente difundidas e atuais interfaces baseadas na metáfora desktop. Em seguida nós mostramos as limitações das metáforas em geral e da metáfora desktop em particular em servir como modelo conceitual de interação para ambientes computacionais. Por fim nós analisamos como o modelo

conceitual de interação proposto nesta tese supera as limitações do modelo baseado na metáfora desktop e ilustramos de que modo nosso modelo pode alterar o design de um editor de textos cujo design é tipicamente desktop.

6.1- EVOLUÇÃO DOS MODELOS CONCEITUAIS SUBJACENTES ÀS INTERFACES

O conceito de Interface Humano-Computador tem evoluído historicamente ao longo dos anos. Walker (1990) cita que no início existia um relacionamento de um para um entre uma pessoa e um computador através da modificação de circuitos nos primeiros computadores como o ENIAC. O advento dos cartões perfurados e da disciplina de processamento em lote modificou este relacionamento direto entre usuário e computador através da transação mediada por um operador de computador. O surgimento dos sistemas operacionais de tempo compartilhado e o uso de monitores de vídeo restabeleceram o relacionamento direto entre ser humano e computador e possibilitaram o aparecimento das interfaces de linha de comando e das interfaces orientadas a menu. Tais interfaces carregam consigo uma noção simplista de conversação para a qual uma pessoa diz alguma coisa e o computador responde.

Esta noção ingênua de conversação do tipo “tome aqui, dê-me ali” levou muitos especialistas a desenvolverem um modelo conceitual de interação que trata o ser humano e o computador como duas partes distintas mas simétricas, cuja conversação é mediada pela interface. A interface atua como uma superfície de contato entre o ser humano e o computador (Laurel e Mountford, 1990; Nadin, 1988). Mas os avanços no campo da lingüística têm demonstrado que existe muito mais sobre conversação e sobre interação Humano-Computador em geral do que uma simples conversação do tipo “tome aqui, dê-me ali”. O diálogo não pode ser descrito de forma serial tal como em: “o humano diz uma coisa”, “o computador diz outra coisa”, “o humano diz uma terceira coisa” etc..

Para Reynolds (1998) o modelo conceitual subjacente às interfaces modernas tem sua origem no artigo “As We May Think” de Vannevar Bush (1945). Reynolds afirma que muitas das idéias de Bush têm realmente tomado parte nas interfaces modernas: um espaço de trabalho, uma mesa que armazena, permite recuperar e manipular informação. As idéias de Bush foram adotadas por pesquisadores do Stanford Research Institute (SRI) e pelo Xerox’s Palo Alto Research Center (PARC) para desenvolver as primeiras

interfaces gráficas do usuário. Subjacente a estas interfaces está a metáfora desktop: a interface é vista como uma escrivaninha e cada projeto ou parte de um projeto como papéis e pastas sobre a escrivaninha. Esta metáfora apareceu primeiro no computador Star projetado pela Divisão de Desenvolvimento de Sistemas da Xerox's PARC em 1970. A semente para o novo tipo de interação estava lançada. No início da década de 80 o computador Lisa da Apple foi desenvolvido usando as mesmas idéias. A partir daí, quase todos os novos computadores utilizando interface gráfica com o usuário seguiram o mesmo modelo conceitual para interface (Preece *et al*, 1994).

6.2- LIMITAÇÕES DA METÁFORA DESKTOP ENQUANTO MODELO CONCEITUAL PARA INTERAÇÃO

Embora tenha servido para introduzir uma nova tecnologia ao usuário de computadores, reconhece-se hoje em dia as limitações do emprego da metáfora desktop enquanto modelo conceitual para interfaces.

Por ser uma representação do ambiente de trabalho do usuário, a metáfora desktop está limitada às duas dimensões da escrivaninha física que lhe é análoga no ambiente de trabalho do usuário. O principal motivo histórico que conduziu a esta situação foi a progressiva aceitação do usuário como um indivíduo dono de um sistema de computação pessoal *stand-alone*. Neste sentido, ela privilegia um sujeito trabalhando individualmente e deixa em segundo plano a conectividade entre sistemas (Bardini, 1997). O usuário individual prevalece fortemente sobre o membro de uma comunidade de usuários.

A noção de metáfora desktop ou a noção de metáfora em geral foi criada para descrever uma correspondência entre o que o usuário vê na interface e o que ele deve pensar sobre o significado do que ele vê. Ao invés de pensar no próprio sistema representado na interface, a metáfora coloca junto o sistema e um domínio familiar. O efeito disto é que o usuário irá desenvolver um modelo mental do sistema que estará muito mais próximo do mundo da metáfora do que do mundo do sistema representado. Carrol, Mark e Kellog (1988) afirmam que um problema de design surge quando a metáfora não capta certas funcionalidades exigidas pelo sistema a ser representado na

interface. Neste caso, os designers devem combinar a metáfora original com outras metáforas criando o que Carrol, Mark e Kellog chamam de metáforas compostas. Mas as metáforas compostas introduzem um novo problema. Tognazzini (1992) mostra que as pessoas têm dificuldade em saber o que elas devem fazer quando estão lidando com várias metáforas diferentes em uma mesma interface. O que você ganha hoje com uma metáfora, você pode ter que pagar mais tarde (Laurel, 1993).

A metáfora desktop força a representação de um sistema por meio de artefatos como pastas, papéis, lixo etc. mesmo que, em essência, o sistema a ser representado nada tenha a ver com isto. Reynolds (1998) argumenta por exemplo que, embora exista alguma experimentação com interfaces antropomórficas, muito da interação entre o usuário e a interface ocorre através da representação digital destes artefatos. *Para encontrar na interface alguma referência de um outro ser humano, o usuário deve primeiro lidar com artefatos, um “livro de endereços”, e então através destes artefatos inferir a representação de uma pessoa*” (Reynolds, 1988, p. 41). Ou seja, para se comunicar com outras pessoas o usuário deve primeiro interagir com objetos impessoais, desumanizados. A capacidade polimórfica da interface dos computadores é uma de suas maiores vantagens e, contudo, o design das interfaces tem sido feito quase que exclusivamente por meio de uns poucos artefatos.

6.3- O POTENCIAL DO MODELO CONCEITUAL PROPOSTO PARA SUPERAR AS LIMITAÇÕES DO MODELO BASEADO NA METÁFORA DESKTOP

O modelo conceitual de interação que descrevemos na seção 5.2 foi proposto para ambientes virtuais. Nesta seção analisamos qual é o potencial deste modelo para ser aplicado a outras classes de software. Em particular discutimos como o nosso modelo supera as limitações dos modelos baseados em metáforas, descritas na seção anterior, e contrapomos estes dois modelos explicitando de que modo o nosso pode modificar um design tipicamente desktop, o do Microsoft Word 97¹.

¹ Microsoft Word 97 é marca de um editor de textos registrada pela Microsoft Corporation.

O modelo conceitual que propomos entende a interface como um ambiente (um sistema) que engloba entidades que se comunicam, entre elas o usuário (ou usuários). Uma entidade é algo que possui função comunicativa para um usuário participante do ambiente e pode ser algo tão ou mais simples do que um botão ou tão ou mais complexo do que um outro usuário participante do ambiente. A interface é vista como um sistema que engloba um ou mais usuários, estejam eles ocupando espaço geográfico próximo ou a milhares de quilômetros uns dos outros. Os limites deste conceito de interface não se restringem lógica ou fisicamente às dimensões de uma escrivaninha. Um usuário não é visto como um ser humano interagindo com uma máquina, mas como um ser humano que se comunica dentro de um sistema computacional que, como é cada vez mais freqüente nos dias atuais, engloba outros seres humanos, empresas, instituições etc. enquanto entidades que são.

O que o nosso modelo conceitual propõe é uma interação direta do ser humano participante do sistema com as demais entidades que o compõem. A interface é um mundo que o usuário, enquanto habitante dela, deve participar trocando conhecimento com as demais entidades envolvidas, conhecimento este adquirido às custas da comunicação que intermedia qualquer ato dentro do mundo da interface. A aprendizagem do usuário sobre o mundo da interface, o que ela é, o que ela tem a lhe oferecer e como ele pode agir dentro deste mundo, se dá pela convivência dele com as demais entidades envolvidas, convivência esta manifestada através da comunicação dele com as outras entidades e pela observação da comunicação entre estas outras entidades. A interface não é vista como um discurso metafórico escrito pelo designer e que o usuário deve interpretar a partir do deciframento de semelhanças entre o significado próprio e o sentido figurado de uma palavra ou de um contexto. O modelo proposto pressupõe o usuário dentro do mundo da interface desenvolvendo um modelo mental deste mundo e não de um mundo referenciado indiretamente por metáforas. Longe está o modelo que propomos das indireções metafóricas e das ambigüidades e distorções inerentes ao uso de metáforas compostas, mal sempre necessário ao modelo de interfaces baseado em metáforas.

A metáfora desktop força a representação de um sistema de um certo modo particular. A interface do Microsoft Word 97 é um exemplo disto (figura

6.1). Esta interface é composta por um menu, um conjunto de barras de ferramentas contendo dezenas de signos que se referem a uma série de operações e propriedades de um objeto complexo, o texto, o qual é uma composição de parágrafos em linguagem escrita, desenhos, figuras, tabelas, *hiperlinks*, equações, planilhas provenientes de outra aplicação etc.. Mesmo que a aplicação nada tenha a ver em princípio com estas coisas, o sistema será representado por meio de pastas, caixas de combinação, botões, barras de ferramentas, menus suspensos etc..

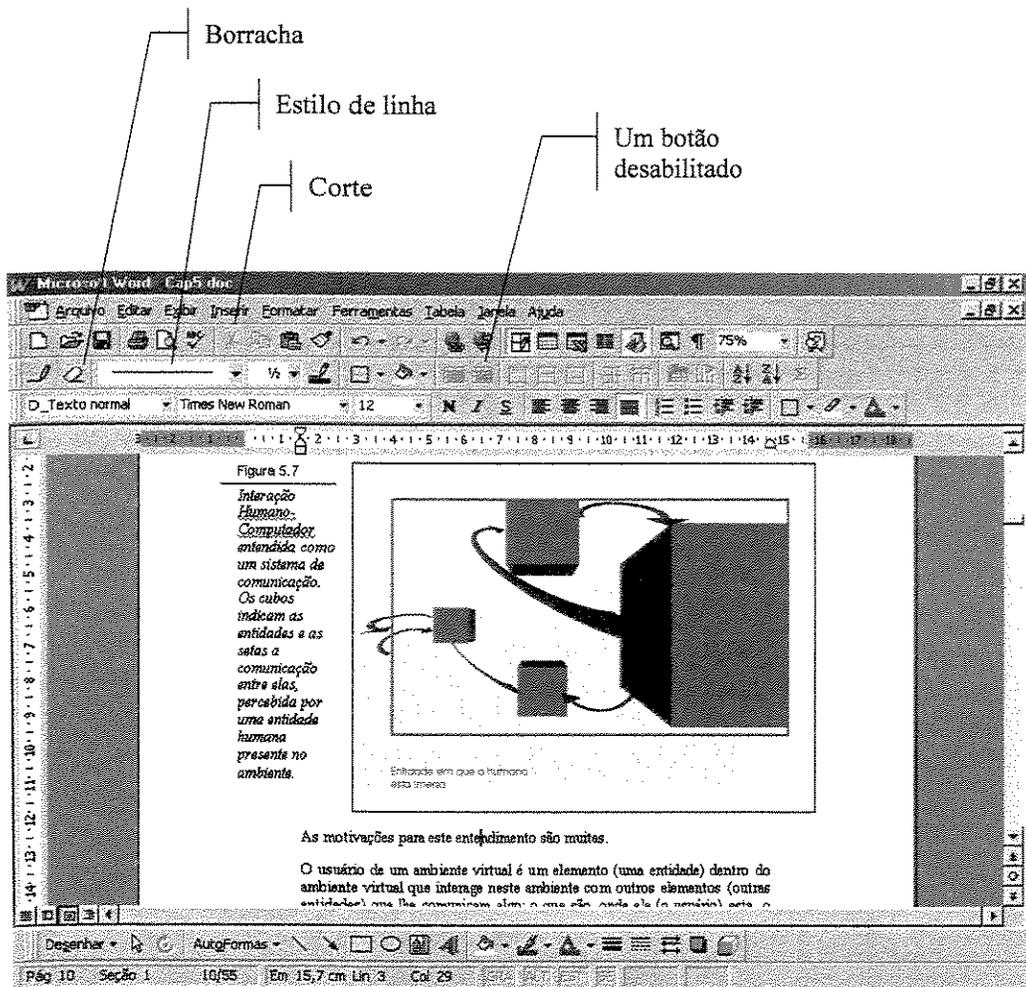
A comunicação ocorre entre o usuário e o sistema Microsoft Word 97 como um todo e não entre o usuário e entidades que participam do mundo circunscrito pela interface. O diálogo é indireto: o usuário “diz” alguma coisa para o Microsoft Word 97 e este, por sua vez, trata de atuar sobre a “entidade” a que o diálogo se refere. O texto, “entidade” central ao discurso, é uma virtualização do texto em papel mas apresenta-se como um complexo compacto e híbrido. Tudo se passa como se em um liquidificador tivessem sido triturados e misturados os conceitos relativos a parágrafos de linguagem escrita, figuras, desenhos, tabelas etc. para dar origem a uma nova unidade virtual, o texto virtual, culturalmente bem distinto de seu análogo no mundo real, que mantém juntos e solidários, agora, os fragmentos de todos os ingredientes que o compuseram. Os exemplos a seguir ilustram algumas conseqüências disto:

- Uma caixa de combinação oferece a possibilidade da escolha do estilo de linha (figura 6.1). Mas a qual linha isto se refere? A linha da borda de uma tabela, a linha de um desenho, a linha de um texto ou qualquer linha que possa ser aplicada sobre o texto?
- Um botão com o signo para uma borracha referencia a operação que permite desfazer algo (figura 6.1). Contudo, o que pode ser desfeito? A linha de uma tabela, uma linha de um desenho, um parágrafo, uma figura colada no texto, qualquer coisa sobre o texto?
- A tradicional operação de “corte” é possível de ser realizada pelo acionamento de um botão após a seleção de alguma coisa (figura 6.1). Cortar com a tesoura, significa “dividir”, “separar” e esta conotação se aplica, por exemplo a coisas como um parágrafo em

relação a todo texto, a uma parte do parágrafo em relação ao parágrafo, a uma parte de um desenho em relação ao desenho etc.. Entretanto, uma figura no Microsoft Word 97 não pode ser dividida e, assim, para figuras o significado da ação do botão “cortar” é eliminar. O problema aqui é que o Microsoft Word 97 intermedia a relação do usuário com as “entidades” representadas e, neste caso, dispõe de uma única expressão para dois significados distintos. Mas o reparo deste problema pela inclusão de mais um botão poderia tornar a interface ainda mais complexa pela adição de mais signos, nesta interface já tão repleta de tantos outros signos.

Figura 6.1

Um instantâneo da interface do Microsoft Word 97 destacando elementos discutidos nesta seção.



Estas coisas acontecem porque o usuário comunica-se com o ambiente Microsoft Word 97 como um todo e não com entidades (papel, parágrafo, figura, desenho, tabela etc.) que poderiam estar compondo, com identidade individual, este ambiente. O Microsoft Word 97 é uma máquina que tem no seu painel o meio através do qual o usuário pode comunicar a sua vontade de alterar o estado interno do objeto encapsulado pela máquina. É a replicação sem transformações do modelo de Turing. Daí a existência e a conseqüente poluição provocada por tantos signos exibidos simultaneamente na interface, ainda que eles não se apliquem ao diálogo imediato entre o usuário e o Microsoft Word 97. Daí também decorre a necessidade da “engenhoca” que faz desabilitar e habilitar um certo signo na interface, conforme o estado do diálogo corrente entre as partes envolvidas, usuário e sistema.

O entendimento da interface como um ambiente que permite a comunicação entre um conjunto de entidades pode “limpar” o design das interfaces tipicamente desktop; em vez do design da comunicação ser dirigido à “máquina” ele é dirigido, em cada momento, à entidade correntemente envolvida no diálogo. Os botões, menus, “microfones”, displays e alto-falantes migram da interface desktop como um todo para a interface individual de cada entidade. A frase anterior, contudo, não deve ser interpretada literalmente. Tudo o que é necessário é que, por um lado, uma entidade seja capaz de perceber o ambiente e, por outro lado, seja capaz de emitir signos ao ambiente. De certa forma algumas interfaces desktop, mesmo não levando às últimas conseqüências o design do ambiente como um conjunto de entidades, caminham nesta direção ao exibirem menus *popup*, acionados em geral com um clique no botão direito do mouse sobre uma “entidade”, com opções que se aplicam ao diálogo imediatamente corrente entre o usuário e a “entidade” considerada.

Mas há um outro elemento no nosso modelo conceitual, talvez ainda mais importante do que o entendimento da interface como um conjunto de entidades que se comunicam, que ainda não abordamos nesta análise. O nosso conceito de interface é relativo a um observador humano presente (ou imerso) no ambiente. Ou seja, o nosso modelo conceitual pressupõe o design não apenas como um conjunto de entidades mas como um conjunto de entidades “visto” a partir do ponto de vista de um usuário presente no ambiente. O design de interfaces tipicamente desktop é feito a partir do ponto de vista de um usuário que observa sempre “de cima para baixo” a sua mesa de trabalho. A “cara” da interface não muda conforme a “posição” ou o papel que o usuário desempenha num certo momento dentro da interface.

Em ambientes virtuais a posição do usuário dentro do ambiente é a propriedade fundamental que lhe confere uma visão relativa do ambiente. À medida em que anda, as imagens e os sons chegam até o usuário de uma maneira diferente mas coerente com a posição que ele ocupa dentro do espaço tridimensional descrito pelo ambiente virtual. Isto é o que mais chama a atenção nos ambientes virtuais. Uma das contribuições desta tese aos ambientes virtuais é o reconhecimento de que isto é, apenas, a camada mais superficial de um fenômeno genérico que engloba a relatividade dos signos para com o usuário imerso e cujo fundamento é a semiose. Outras

propriedades além da posição também atuam de modo a tornar relativa a maneira com que um usuário percebe o ambiente. Como mostramos no capítulo 5, o papel que o usuário desempenha no TC confere-lhe uma visão relativa deste ambiente além, é claro, da posição do usuário no espaço tridimensional. Por exemplo, um espectador e um diretor percebem o TC de forma diferente, posto que são distintos os papéis que cada um deles desempenha neste ambiente. O diretor tem uma visão global de todas as entidades do TC, consegue se comunicar com a maioria delas, enquanto que o espectador sequer percebe entidades como o “script”, além de conferir significado diferente do diretor, por exemplo, para a entidade “personagem”.

Em muitas aplicações desktop a posição não é uma propriedade fundamental e, portanto, não é ela candidata a pivô de uma relativização da aplicação em relação ao usuário. Outras propriedades associadas ao usuário do Microsoft Word 97, por exemplo, poderiam atuar como um pivô, a exemplo do que faz a propriedade “posição” nos ambientes virtuais, para a projeção relativa do ambiente para o usuário. Estas projeções relativas são um importante instrumento de design na medida em que apresentam ao usuário apenas os signos necessários e suficientes à semiose que ele deve realizar para cumprir tarefas dentro do ambiente. No caso do domínio subjacente à aplicação a que se refere o Microsoft Word 97, podemos dizer que o papel do usuário no ambiente (escritor, ilustrador² ou editorador³) é uma propriedade pivô segundo a qual o ambiente poderia ser projetado relativamente.

² Aquele que cria as ilustrações do texto (desenho, figuras, tabelas etc.).

³ Aquele que dispõe no espaço os elementos visuais do texto (parágrafos, colunas do texto, figuras, desenhos, fontes etc.).

Capítulo 7

Discussão e conclusões

- 7.1- O modelo conceitual de interação proposto e o entendimento da relação entre ser humano e sistemas computacionais 173
- 7.2- O método de design proposto: contribuições e observações diversas 177
 - O design como algo provisório, fruto de processos dialéticos, fruto da semiose 179
 - Entidades, não objetos e não agentes de software 182
 - O design a partir do ponto de vista do participante imerso 184
 - O processo de análise do domínio do ambiente virtual e a análise de sistemas 186
- 7.3- Os princípios de design propostos e as potencialidades educacionais de ambientes virtuais 187
- 7.4- Perspectivas de trabalhos futuros 191
- 7.5- A Semiótica enquanto referencial teórico desta tese 192

Neste capítulo final nós analisamos como o modelo conceitual de interação que propusemos altera o entendimento da relação do ser humano com sistemas computacionais, discutindo especialmente o papel do usuário e o significado dos termos “interface” e “interação Humano-Computador” frente ao novo modelo. O método de design

proposto é examinado quanto às suas contribuições ao design de software e quanto a sua natureza semiótica. Os princípios de design propostos são analisados do ponto de vista do potencial que têm para serem utilizados dentro de um quadro lógico de inferência de questões associadas a ambientes virtuais. Por fim, nós conjecturamos trabalhos futuros e avaliamos as contribuições da Semiótica peirceana enquanto referencial teórico ao conteúdo e à metodologia que orientou esta tese.

7.1- O MODELO CONCEITUAL DE INTERAÇÃO PROPOSTO E O ENTENDIMENTO DA RELAÇÃO ENTRE SER HUMANO E SISTEMAS COMPUTACIONAIS

O desenvolvimento de teorias cognitivas sobre a interação Humano-Computador trouxe-nos a visão do computador como uma ferramenta cognitiva permitindo às pessoas melhorarem as suas capacidades de entendimento, memorização e tomada de decisão. A aplicação da Semiótica ao design de software permite considerar não somente os aspectos imediatos da interação Humano-Computador mas, também, os aspectos subjacentes ao contexto cultural e social em que a interação acontece.

Desenvolvemos no capítulo 5 um modelo conceitual para a interação em ambientes virtuais e no capítulo 6 nós analisamos as contribuições deste modelo conceitual no design de outras classes de software. Segundo este novo entendimento, a interface é um mundo “habitado” por diversas entidades com capacidade comunicativa, uma ou mais das quais são seres humanos (usuários). O usuário interpreta o que está acontecendo observando a comunicação entre as outras entidades que habitam a interface. Ao mesmo tempo, o usuário interfere no curso da história comunicando-se com as entidades da interface.

Em nosso modelo conceitual as comunicações que ocorrem entre as entidades da interface são relativas a um observador humano imerso na mesma. O discurso subjacente à interface é uma narrativa proferida a partir do ponto de vista da entidade em que o usuário está imerso. A interface não tem, portanto, uma única “cara”. A “cara” da interface depende da entidade em que o usuário está imerso, da localização, do tempo, enfim do estado geral da entidade em que o usuário está imerso. Neste sentido, o modelo conceitual proposto é centrado no usuário imerso na interface. O mundo criado pela interface é o mundo visto a partir das possibilidades semióticas do ser humano imerso nesta interface. E isto é exatamente o que ocorre conosco no mundo real. Afinal, o que é o mundo para cada um de nós senão aquilo que particularmente pensamos ser o mundo?

Este modelo conceitual promove desvios nas conotações tradicionalmente atribuídas a termos como “interface”, “interação Humano-Computador” e “usuário”.

Interface é freqüentemente entendida como “a coisa que está entre” (Laurel e Mountford, 1990; Nadin, 1988) ou “a coisa que está para” nas interfaces baseadas em metáforas. O nosso modelo conceitual coloca a interface como um espaço para o usuário imergir, “um espaço para ser habitado”.

O usuário, por sua vez, não é visto como aquele que faz uso das funcionalidades do software exibidas na interface mas é um elemento que participa do ambiente imerso em uma entidade, comunicando-se com outras entidades e observando a comunicação entre elas. O sujeito da interface passa de “usuário” para “habitante” dela.

Entendendo o usuário (ou usuários) como participantes da interface o nosso modelo conceitual de interface se afasta das etimologias das palavras “interface” – aquilo que está entre faces – e usuário – aquele que desfruta de alguma coisa – para descrever os fenômenos de interação Humano-Computador como um sistema que engloba humanos e outras entidades não humanas. Já não estamos certos se devemos continuar usando estas palavras, embora freqüentemente façamos uso das mesmas na tentativa de melhor nos fazer entender.

De forma análoga, não nos parece mais acertado falar em interação Humano-Computador. Afinal, como nos referimos à interação ou à comunicação entre entidades em um sistema computacional, talvez devêssemos falar da interação em ambientes computacionais tomando a perspectiva da comunicação que permeia todos os processos que conhecemos, sejam eles de origem humana, animal, vegetal, social, química, física etc.. Novamente neste caso, por motivos de clareza, continuamos nesta tese a nos referir ao termo “interação Humano-Computador”.

O modelo conceitual que propomos encontra alguns paralelos na moderna filosofia do francês Pierre Lévy e em recentes pesquisas, como as de Reynolds (1998) e de Bardini (1997), que criticam a tradicional metáfora desktop e apontam para um modelo de interação como um espaço de comunicação.

Pierre Lévy propõe a noção de redes de interfaces não só para o domínio da informática mas para a análise de todas as tecnologias intelectuais (Lévy, 1995). Um livro, cita Lévy, é uma rede de interfaces no qual há em primeiro lugar a interface visual da língua ou do pensamento. A esta primeira interface vem articular-se a interface do alfabeto que, por sua vez, está envolvida sob uma aparência, uma embalagem particular cunhada por uma tradição, digamos romana em contraste à grega ou à árabe - a interface romana - que se apresenta materializada com letras de um certo tipo (carolíngias, itálicas, onciais etc.) sobre um dado suporte (papiro, mármore, pergaminho, papel, tela catódica, tela de cristais líquidos etc.).

Um artefato físico ou virtual, além de se constituir como um todo uma interface, é composto por uma rede de interfaces construída a partir de um agenciamento complexo de outras interfaces combinadas verticalmente (livro, alfabeto, tipo de letra) ou horizontalmente (o DTP- *Desktop Publishing* – se fez através da associação entre processadores de textos wysiwyg, os microcomputadores, os programas de *layout* e as impressoras laser de baixo custo, comenta Lévy). O corpo humano, visto sob esta perspectiva, revela-se como uma intrincada rede de interfaces entre as quais citamos: a pele, fronteira e local de trocas de fluidos e gases com o meio ambiente; os pulmões, a interface entre o ar e o sangue; o aparelho circulatório, uma rede de canais que serve como interface entre pontos distantes; as enzimas, proteínas com capacidades catalíticas, i. é, capaz de colocarem “juntas” duas ou mais moléculas e com isto acelerar uma reação química.

Levy não está diretamente interessado em interfaces computacionais mas em reconhecer a técnica como um dos mais importantes temas filosóficos e políticos de nosso tempo. É neste quadro que o conceito de redes de interface assume o papel de modelo para aquilo que Lévy chama de tecnologias intelectuais e para o contínuo movimento e transformação (metamorfose) de todas as coisas do universo. Aplicando o conceito de redes de interface na análise do papel do computador na sociedade moderna, Lévy ressalta o poder deste conceito em permitir uma visão não essencialista, estática ou logicizante do computador. Diz ele: *Não é possível deduzir nenhum efeito social ou cultural da informatização baseando-se em uma definição pretensamente estável dos autômatos digitais. Basta que seja*

conectada uma nova interface (a tela catódica, o mouse, uma nova linguagem de programação, uma redução de tamanho) à rede de interfaces que constitui o computador no instante t , e no instante $t + 1$ se terá obtido um outro coletivo, uma outra sociedade de microdispositivos, que entrará em novos arranjos sociotécnicos, mediatizará outras relações, etc. (Levy, 1995, p. 177). Cada nova interface permite novas conexões que, por sua vez, vão abrir novas possibilidades.

O nosso modelo conceitual para interação e o conceito de redes de interfaces de Lévy têm muita coisa em comum. Ainda que pesem aqui possíveis falhas de transformação de um modelo em outro, pelo não uso de um formalismo matemático adequado, os argumentos a seguir descrevem cada um dos modelos a partir do outro.

Por um lado, o modelo conceitual que propomos pode ser transformado nas redes de interface de Lévy. O nosso modelo conceitual propõe a interface como um sistema composto por um conjunto de entidades que se comunicam, visto a partir do ponto de vista de uma entidade especial na qual se encontra imerso um ser humano (figura 5.7). Uma entidade é uma interface na medida em que possui entradas e saídas, respectivamente, conferidas pela sua capacidade de semiose e sua possibilidade de emissão de signos inferida por um ser humano imerso no sistema. As comunicações do nosso modelo “costuram” as entidades (interfaces) formando uma rede de interfaces. Cada entidade atua como uma interface e a combinação de um conjunto de entidades forma, em um outro nível, uma interface maior.

Por outro lado, uma interface de Lévy possui entrada e saída, ainda que a saída da interface seja simplesmente a sua “imagem” materializada de alguma forma (visual, audível etc.). Portanto a interface de Lévy possui função comunicativa para um observador humano imerso no sistema, o que a torna uma entidade do nosso modelo. A saída de uma interface se liga à entrada de outra interface configurando as comunicações do nosso modelo.

Uma outra característica importante do modelo conceitual para interação proposto é a sua virtude de não se prender a uma certa tecnologia. Modelos para análise ou design de interfaces baseados em *guidelines* ou baseados em formalismos dirigidos diretamente aos widgets (ou abstrações destes widgets) e, em geral, à tecnologia corrente “congelam” as possibilidades de

análise ou design ao tempo em que tais formalismos são criados. O nosso modelo conceitual para a interação não se prende à tecnologia corrente, não tenta extrair as essências de uma certa configuração tecnológica para, a partir daí, formular um modelo. Neste sentido ele se adapta ao movimento contínuo e à transformação da tecnologia computacional que ocorre a exemplo da evolução de todas as coisas do universo. Como diz Lévy, *a análise em redes de interface (e aí dizemos entidades) de um dispositivo sociotécnico impede a fascinação paralisante, o deslumbramento do pensamento e da ação pelas essências* (Lévy, 1995, p. 176).

7.2- O MÉTODO DE DESIGN PROPOSTO: CONTRIBUIÇÕES E OBSERVAÇÕES DIVERSAS

Em geral os requerimentos para o estabelecimento do design de uma interface não podem ser completamente estabelecidos no início do ciclo de vida do software. Muitos métodos de design são criticados por necessitar do estabelecimento completo destes requisitos no início do processo de desenvolvimento. Métodos de design iterativos, como o que propomos, não apresentam este problema, pois permitem que a descoberta dos requerimentos seja feita simultaneamente ao desenvolvimento da interface, através de um processo cíclico onde diversas versões da interface são continuamente desenvolvidas e avaliadas.

Um método de design iterativo puro é um método de design em que as fases de desenvolvimento e avaliação são praticadas sem a presença orientadora e estruturadora de princípios e técnicas de design a não ser o fato de que o desenvolvimento de um protótipo possibilita observações de uso na fase de avaliação que, por sua vez, conduz a modificações do protótipo. Segundo Dix e seus colegas, um método de design iterativo puro apresenta os seguintes problemas:

1. *É freqüente a ocorrência de casos em que decisões de design, feitas muito no início do ciclo de vida, estarem erradas e, na prática, pela inércia do processo de design manifestada pela dificuldade de se fazer grandes alterações no protótipo, nunca são promovidas as modificações adequadas à correção da decisão errada. Assim, mesmo considerando que métodos de design*

iterativos sejam, na teoria, reparadores de erros através dos ciclos de iteração, podem ocorrer casos em que o protótipo inicial contenha erros que nunca são reparados.

2. *Uma vez diagnosticado um problema de design, ocorre também freqüentemente casos em que os reparos são realizados sem se tentar entender a causa da ocorrência do problema, simplesmente atuando-se sobre o sintoma do problema. Isto conduz a soluções paliativas, não efetivas (Dix et al., 1998, p. 211-212).*

Estes dois problemas têm como origem o não uso de um formalismo que orienta e estrutura o processo de design. O método de design que propomos atua sobre estes dois problemas fornecendo estratégias para a solução de ambos.

No que se refere ao problema (1), as fases de análise do domínio e de análise de alternativas que precedem o desenvolvimento da primeira versão do protótipo (veja seções 5.4, 5.6 e 5.7) possibilitam um “chute” informado desta primeira versão. Este “chute” informado reduz as possibilidades de que a primeira versão do protótipo contenha grandes distorções conceituais.

O problema (2) é mais sutil e tão sério quanto o problema (1). Como estratégia para a sua solução, o método proposto conta, em cada ciclo do processo de design, com uma fase onde são estudadas exaustivamente, sob a luz da Semiótica e das amarras impostas por fatores de ordem tecnológica, econômica ou administrativa, diversas alternativas para solução de problemas de design diagnosticados na fase de avaliação: é a fase da análise de alternativas (veja seções 5.4 e 5.7). Esta estratégia garante a busca pela causa de um problema de design e não, apenas, a de uma solução para um sintoma. A solução ao problema de design, obviamente, pode até não ser aquela que ataca a causa do problema. Mas aí, se este for o caso, estará claro a opção da equipe de design por uma solução que é reconhecidamente não a melhor mas a mais viável, considerando as possibilidades econômicas, tecnológicas, administrativas etc..

O design como algo provisório, fruto de processos dialéticos, fruto da semiose

Considerando que as linguagens das entidades da interface tendem a se acomodar em um processo contínuo, nossa proposta entende o processo de design como alguma coisa provisória, alguma coisa para ser usada, re-avaliada e re-feita, tornando explícito o caráter evolucionário da interface a exemplo do que acontece com todas as coisas no universo e na mente humana.

As etapas que compõem o método de design proposto se ligam de forma dialética. Em primeiro lugar, o método de design como um todo pode ser visto pela oposição entre desenvolvimento e avaliação¹: um protótipo desenvolvido é avaliado e o resultado da avaliação pode conduzir a alterações deste protótipo, que novamente é avaliado e assim sucessivamente. As fases, sub-fases etc. até o mais simples processo de semiose² realizado pelo designer na presença de um signo em seu trabalho de design são processos dialéticos. Por exemplo, na fase de análise do domínio do ambiente virtual, a coleta de informações alimenta os modelos que devem ser estabelecidos que, por sua vez, criam a possibilidade de se descobrir novas informações, à medida em que o domínio se torna mais conhecido, e assim sucessivamente. Ou ainda, a sub-fase da análise do domínio do problema caracterizada pelo ato de desenhar o modelo de entidades desencadeia processos, para estabelecimento do modelo, que envolvem a oposição dialética entre a cena (modelada) e a respectiva cena real e, também, a oposição dialética entre o interpretante presumido para uma entidade (interpretante modelado) e aquilo que mentalmente o designer entende ser o interpretante presumido. Até mesmo os modelos de entidades ou de comunicações revelam, nas suas estruturas estáticas, marcas “vivas” desta dialética que permeia o método de design proposto ao descreverem os

¹ A fase de análise de alternativas atua como uma mediadora entre avaliação e desenvolvimento na medida em que busca alternativas de solução a questões de design levantadas na avaliação.

² A semiose é um processo dialético que se firma pela oposição entre signo (*representamen*) e objeto. A oposição entre signo e objeto desencadeia um processo que leva a um interpretante, o qual é novamente um signo, que tem um objeto que, de maneira dialética, conduz a um outro interpretante mais elaborado e, assim, *ad infinitum*.

signos “cena” e “trecho de cenário” e os interpretantes presumidos para cada entidade da cena e para cada trecho de cenário.

No decorrer desta tese e nesta seção nos referimos várias vezes a processos dialéticos. Ou seja, processos que se desenvolvem a partir de oposições que provisoriamente se resolvem. Até mesmo o método que orienta esta tese se firma sobre um processo dialético e, como descrevemos nesta seção, o método de design de ambientes virtuais proposto se fundamenta em processos dialéticos desde a sua totalidade até os seus mínimos fragmentos. Se não fosse pela tradição da Engenharia de Software, poderíamos ter chamado a todos estes processos dialéticos a que nos referimos simplesmente de “semiose” sem qualquer referência à tradição do qual fazemos parte. Neste sentido, no que se refere aos processos subjacentes ao método de design de ambientes virtuais proposto, a nossa referência poderia ser simplesmente “semiose do ambiente virtual”. Isto é, não a semiose que eu (ou você) fazemos do ambiente virtual colocado por exemplo ali na nossa frente, mas ao processo de construção, segundo o método iterativo e dialético proposto, que conduz ao estabelecimento do ambiente virtual, versão a versão, continuamente *ad infinitum*. De forma análoga, poderíamos usar simplesmente os termos “semiose do modelo de entidades do domínio do ambiente virtual”, ou “semiose do modelo de comunicações do domínio do ambiente virtual” para significar os processos que conduzem ao estabelecimento, respectivamente, dos modelos de entidades e de comunicações do domínio do ambiente virtual. Ao processo que orienta os trabalhos deste tese poderíamos ter chamado simplesmente por “semiose da tese”.

A quem está acostumado a empregar o termo “semiose” apenas ao processo que conduz ao significado de um signo para alguém, pode parecer estranho falarmos da semiose de um artefato computacional (ambiente virtual, modelo de entidades etc.), cujo design possivelmente passa pela mão de diversos designers. A discussão a seguir esclarece isto.

Santaella nos chama a atenção para um equívoco, segundo ela renitente, sobre o entendimento do conceito de signo segundo Peirce e sobre o que isto envolve. *O equívoco que parece mais renitente é aquele que está na idéia de que o signo necessariamente representa alguma coisa para alguém (um ser*

humano, psicológico, existente, palpável). É certo que em algumas definições, Peirce utilizou literalmente a palavra “alguém”, ou, no seu lugar, “mente de uma pessoa”, ou ainda a palavra “intérprete”. Nestes casos, contudo, ele estava conscientemente abaixando o nível de abstração lógica da definição ... (Santaella, 1995, p. 22).

A Semiótica de Peirce é uma teoria lógica e social do signo. A objetividade do interpretante é, por natureza, coletiva, não se restringindo aos humores e fantasias pessoais de um intérprete particular. A ação de gerar, cedo ou tarde, interpretantes efetivos é própria do signo cujo caráter não é aquele de uma matéria inerte e vazia `a espera de um ego auto-suficiente que venha lhe injetar sentido (Santaella, 1995, p. 19).

Peirce vê o mundo como composto de signos mas, também, o mundo enquanto signo. Para ele, todos os fenômenos do universo podem ser explicados em termos semióticos (Corrington, 1993). Santaella (1995) observa que o que Peirce tinha em mente era estabelecer uma definição de signo tão abstrata e formal que ela fosse capaz de abranger todo e qualquer fenômeno (químico, cósmico, psíquico, biológico etc.) possível de se enquadrar na relação lógica estipulada pela definição.

A relação triádica (signo, objeto, interpretante) do signo subentende o princípio lógico-estrutural dos processos dialéticos de continuidade e crescimento, a semiose, segundo o qual um signo se opõe de forma dialética ao seu objeto produzindo ou gerando um outro signo, o interpretante, que sendo também um signo se opõe de forma dialética ao seu objeto e assim *ad infinitum*.

A semiose não se resume exclusivamente a um processo que se passa na mente de um intérprete existente e palpável mas é algo próprio da ação do signo. A semiose é um fenômeno mais geral que se manifesta em toda a natureza. *Um ato interpretativo, aqui e agora, de um signo não é senão um caso especial do interpretante, uma vez que este é, por natureza, mais geral, social e objetivo do que um ato particular e exclusivo de um só intérprete (Santaella, 1995, p. 18).*

Os processos dialéticos que desenvolvemos nesta tese (“a semiose do ambiente virtual”, “a semiose do modelo de entidades”, “a semiose do

modelo de comunicações”, “a semiose das alternativas de solução”, “a semiose da tese” etc.) são exemplos “vivos” da semiose entendida na sua forma mais ampla. A semiose de Peirce constitui a inspiração para todos estes processos e o fundamento que lhes dá força e beleza.

Entidades, não objetos e não agentes de software

Talvez não faça sentido comparar os conceitos de entidade, de objeto e de agente de software, uma vez que a aplicação destes conceitos é distinta para cada caso. Mas, de qualquer forma, uma questão que algumas vezes nos foi colocada em conferências e em avaliações de artigos é: por que não usar o termo “objeto” ou o termo “agente”, freqüentemente referenciados na literatura, para nomear aquilo que entendemos ser uma “entidade”?

Um objeto é qualquer coisa, real ou abstrata, a respeito da qual armazenamos dados e os métodos que os manipulam (Martin e Odell, 1996). Uma fatura, uma organização, um signo em um software de desenho, um agrupamento de texto e imagens usados na editoração de um jornal, um avião, o vôo de um avião, uma pilha em um software etc. são exemplos de objetos. A principal característica de um objeto é que ele pode ser identificado de maneira única entre todos os demais objetos (Coleman *et al.*, 1994; Booch, 1991; Rumbaugh *et al.*, 1991).

Tal como os objetos, as entidades também possuem identidade. Mas, como dissemos no capítulo 5, entidades se caracterizam especialmente pela sua função comunicativa em relação a um usuário imerso em um ambiente virtual. Um software desenvolvido segundo o paradigma da orientação a objetos é composto por muitos objetos, muitos dos quais cumprem papéis puramente funcionais como, por exemplo, uma pilha, um grafo, uma lista de prioridades etc.. Apenas uma certa quantidade de objetos do ambiente possuem função comunicativa.

O conceito de entidade se diferencia do conceito de objeto ainda por uma segunda razão. O conceito de objeto é absoluto: algo que é objeto dentro de um sistema, sempre é objeto em relação a este sistema. O mesmo não ocorre com uma entidade. Em um mesmo ambiente virtual, algo pode ou não funcionar como entidade para um certo usuário imerso neste ambiente,

dependendo da própria entidade em que este usuário está imerso. Por exemplo, no TC “script” é uma entidade para um usuário imerso como um diretor mas não como um espectador. Ou ainda, de forma menos radical, uma entidade pode ser vista de forma diferente por um usuário dependendo da entidade em que ele está imerso dentro do ambiente virtual. Por exemplo, um usuário imerso no TC como um diretor vê na entidade “personagem” a possibilidade de comunicar algo como “dê um passo à frente” a “alguém” que sabe representar. O mesmo não ocorre com o usuário imerso no TC como um espectador; “personagem”, neste caso, é uma entidade que representa um certo papel na peça e isto é tudo.

Resumindo, podemos dizer que o conceito de entidade especializa o conceito de objeto e vai além ao definir algo dentro do ambiente virtual que pode ser visto sobre diferentes perspectivas por diferentes usuários imersos neste ambiente, cada qual captando um certo conjunto de propriedades da entidade observada de acordo com o papel desempenhado pela entidade em que o usuário está imerso.

Os termos “agente” ou “agente de software” ou o termo “agente” modificado pelo adjetivo “inteligente” têm sido aplicados em uma série de sentidos que vão desde o uso de interfaces de software adaptativas até o uso de algoritmos para gerar scripts (Kautz, Selman e Coen, 1994). O significado do termo “agente” tal como é entendido por Gustavsson (1999), Genesereth e Ketchpel (1994), Kautz, Selman e Coen (1994) e Norman (1994) compreende o uso de software ou componentes de software para auxiliar o usuário na realização de atividades do dia a dia: marcar encontros, enviar artigos, localizar informações em banco de dados distribuídos, reservar hotel ou salas para encontros, arranjar transporte etc.. Um agente pode ser algo tão simples como uma subrotina ou envolver todo um intrincado conjunto de recursos como diferentes *threads* dentro de um único espaço de endereçamento, diferentes processos em um único computador ou processos distribuídos em diferentes computadores (Genesereth e Ketchpel, 1994). Lidar com agentes significa tratar e aceitar ações autônomas ou automáticas por parte deles (Norman, 1994).

Entidades são absolutamente diferentes de agentes. Podem existir agentes que não são entidades e entidades que não são agentes. Agentes constituídos

por subrotinas sem nenhuma função comunicativa para com um usuário imerso em um ambiente é um exemplo de um agente que não é uma entidade. Por outro lado, existem entidades que não são agentes. Por exemplo, o script e o palco do TC são entidades para um usuário imerso como um diretor mas tanto o script quanto o palco não são considerados agentes de software.

De forma análoga ao que descrevemos anteriormente para os objetos, entidades e agentes ainda se distinguem por mais um motivo. O conceito de agente é absoluto, i. e., algo é ou não é um agente em relação a um certo software. Em contrapartida, algo pode ser considerado uma entidade em relação ao usuário imerso no ambiente em uma certa entidade e não ser considerado entidade para o usuário imerso em uma outra entidade.

O design a partir do ponto de vista do participante imerso

Geralmente, a primeira característica de um ambiente virtual que chama a atenção de qualquer um é a representação de imagens em três dimensões. A possibilidade do usuário ver o mundo virtual sobre diferentes perspectivas e a liberdade dele “andar” livremente pelo mundo virtual parece conferir-lhe sempre a sensação de estar interagindo com algo novo e de que ainda não foi possível experimentar tudo o que se pode ver e sentir dentro do mundo virtual. Sistemas de som que tiram partido das propriedades geométricas relativas à posição da fonte emissora e da posição do usuário atuam de forma análoga às imagens em três dimensões. Os ambientes virtuais, neste sentido, instigam permanentemente a curiosidade humana e o desejo pelo desconhecido e ainda não explorado. Em cada nova posição, diferente é o ângulo pelo qual se vê o mundo e a forma com que se ouve o som. Ou seja, tudo é relativo à posição geométrica do usuário dentro do mundo.

Esta colocação relativa da imagem e do som para com o usuário imerso é uma característica fundamental associada ao design dos ambientes virtuais. Entretanto, a extensão desta característica para além da imagem e do som não é manifestada em nenhum método ou técnica de design destes ambientes que conhecemos. Em nosso método propomos a generalização da relatividade de todos os signos para com o usuário imerso. Tudo é relativo ao usuário imerso no ambiente ou de outra forma, tudo é relativo à entidade

habitada por este usuário. Assim, o papel da entidade habitada pelo usuário (o que ela é, suas habilidades etc.) dentro do ambiente virtual faz com que ele tenha uma visão particular desse mundo. Por exemplo, no TC um diretor possui uma “visão” e tem habilidades diferentes das de um espectador. O diretor “vê” entidades tais como “script” e tem a habilidade de “dizer” a uma personagem que ela deve dar, por exemplo, passos a frente. Um espectador não “vê” “script” (nem mesmo vê “diretor”) e não é capaz de dizer a uma personagem o que deve ser feito. Este “ser uma certa entidade” que tem um certo papel e tem um certo conjunto de habilidades atua em relação ao ambiente virtual de forma análoga a “posição do usuário” em relação ao espaço tridimensional do ambiente virtual. Isto faz com que o usuário imerso em uma certa entidade possa perceber e interpretar o mundo virtual sob uma certa perspectiva, observando certas coisas de uma forma particular, ignorando outras.

O discurso subjacente aos modelos de entidades e de comunicações do método de design proposto é estabelecido, por consequência, a partir do ponto de vista do usuário imerso em alguma entidade. Por exemplo, em modelos de entidades e de comunicações do TC para o usuário nele imerso como um diretor, o discurso subjacente a estes modelos é pessoal como são também as seguintes frases: “Eu vejo o Popeye”, “Dê um passo a frente Brutus”, “Eu percebo que o Popeye está procurando o Brutus”.

Em outros métodos de design de interfaces, nas diversas vertentes da análise e projeto estruturado de sistemas ou nas várias abordagens da análise e projeto orientados a objetos, os modelos são estabelecidos sempre a partir do ponto de vista do modelador e não de um participante dentro do sistema. O discurso subjacente a estes modelos é, portanto, sempre um discurso impessoal. O modelador vê o objeto de estudo, analisa as suas partes constituintes e descreve de forma impessoal o que ele viu. Por exemplo, a tradução para o português de um modelo de classes (orientado a objetos) de uma luminária, que originalmente está expresso por meio de um diagrama em Rumbaugh *et al.* (1991), fica assim: “Uma luminária pode ser do tipo fluorescente ou do tipo incandescente. Toda luminária possui uma estrutura, uma cobertura, um interruptor e uma fiação. Uma luminária incandescente possui adicionalmente um bocal. Uma luminária fluorescente possui adicionalmente um contrapeso, um braço flexível e um *starter*.”. Estes

discursos impessoais no design de interfaces, na análise e no projeto de software conduzem obviamente a uma implementação do software a partir de um referencial externo.

Em contrapartida, nós acreditamos que o uso dos modelos de entidades e de comunicação que propomos pode contribuir para a implementação de softwares que criam para o usuário aquilo que Laurel (1986) chamou de “experiência de primeira pessoa” ou aquilo que Hutchins, Hollan e Norman (1986) denominaram “engajamento direto”, características essenciais do mundo modelo.

O processo de análise do domínio do ambiente virtual e a análise de sistemas

A fase de análise do domínio do ambiente virtual precede todo o ciclo de desenvolvimento. Esta fase se caracteriza basicamente pela identificação de entidades e de comunicações a partir de fontes de informações sobre o domínio e o estabelecimento de modelos que representam este domínio. A identificação das entidades e das comunicações é feita a partir de uma análise lingüística do “discurso” que compõe a fonte de informação (textos, relatos de observações em campo, entrevistas etc.).

O procedimento de análise lingüística destas fontes de informação é muito comum em muitos métodos para análise de sistemas: análise de sistemas segundo DeMarco (1979), análise de entidades e relacionamentos para modelagem de banco de dados (ElMasri e Navathe, 1989), análise orientada a objetos (AOO) segundo Booch (1991), AOO segundo a OMT de Rumbaugh *et al.* (1991), AOO segundo a UML de Jacobson, Booch e Rumbaugh (1999), AOO segundo o método Fusion de Coleman *et al* (1994).

As semelhanças entre os processos de análise do domínio segundo o método que propomos e os procedimentos de análise de sistemas segundo estes métodos tradicionais pode ser útil na junção do método de design que desenvolvemos, cujo foco é a interação Humano-Computador e métodos de análise de sistemas, cujo objetivo final é o projeto funcional do software. Adicionalmente, a familiaridade dos designers com este tipo de abordagem

pode facilitar o processo de aprendizagem do método de design proposto e aumentar a produtividade durante a aplicação dele.

7.3- OS PRINCÍPIOS DE DESIGN PROPOSTOS E AS POTENCIALIDADES EDUCACIONAIS DOS AMBIENTES VIRTUAIS³

Os princípios de design propostos podem prestar-se a diversas outras finalidades além de serem, é claro, base para o método de design que criamos. Constituindo-se tais princípios os fundamentos de um certo pensamento sobre o design de ambientes virtuais, eles podem ser utilizados, dentro de um quadro lógico, para responder diversas questões sobre ambientes virtuais. Em particular, nesta seção nós mostramos como podemos aplicar estes princípios na análise das potencialidades educacionais de ambientes virtuais. Novamente aqui nós ilustraremos as nossas discussões por meio do TC. Ou seja, nós procederemos a uma análise das potencialidades educacionais do TC.

Diferentes ambientes criam oportunidades distintas de aprendizagem. Por exemplo, o passeio de uma criança por uma cidade se distingue de um passeio pelo campo por que a expõe a objetos, pessoas, animais, edificações, conceitos etc. diferentes do segundo. Analogamente, um software se distingue de outro por que as suas interfaces são constituídas por diferentes entidades ou porque estas entidades agem de forma diferente. O TC é um ambiente composto por entidades tais como atores, autor, diretor, itens de cenário, palco, arquibancadas, espectadores etc.. É obvio que, neste sentido, o TC se distingue educacionalmente, por exemplo, de um jogo eletrônico de futebol ou de um software para modelagem das condições de vida e do volume de poluentes de um lago. As entidades com as quais a criança (ou, genericamente, o usuário ou aprendiz) é exposto são claramente diferentes.

A maneira com que o software permite ao aprendiz “habitar” o mundo da interface determina a percepção e as experiências que este aprendiz pode participar neste mundo. Em outras palavras, o aprendiz exerce um papel no mundo da interface e a este papel é pertinente certas experiências. Por

³ O texto desta seção é uma adaptação de Oliveira e Baranauskas (2000 b) e Oliveira e Baranauskas (1999 c).

exemplo, em um editor de textos típico o aprendiz exerce um papel que é um misto, entre outras coisas, de escritor e de designer gráfico. Por outro lado, o aprendiz pode imergir no mundo do TC de diferentes maneiras exercendo em cada uma destas maneiras um certo papel: o aprendiz pode ser autor ou diretor ou ator ou espectador de peças de teatro. Cada um destes papéis tem associado a si um certo conjunto de possíveis relacionamentos semióticos que o aprendiz pode estabelecer com as entidades do ambiente virtual. Ou seja, cada papel tem associado a si, uma certa capacidade de semiose e uma possibilidade de emissão de signos que são próprias da entidade em que o aprendiz está imerso. Do ponto de vista educacional, cada papel cria uma diferente oportunidade de aprendizagem, como mostraremos a seguir.

Exercendo o papel de diretor, o aprendiz toma contato com todas as entidades do TC: atores, palco, recursos de som, script etc. (figura 5.2). A sua relação com estas entidades é de coordenação e de planejamento do uso dos recursos expressivos disponíveis para o desenvolvimento da peça. Reproduzindo aqui de forma condensada as capacidades de semiose e as possibilidades de emissão de signos que identificamos para o usuário imerso no TC como um diretor (seção 5.3) temos:

- *Capacidade de semiose*: perceber e interpretar cada entidade do ambiente, interpretar a peça, seja pela execução da mesma ou pela leitura do script, observar o futuro e o passado da peça percorrendo o script.
- *Possibilidade de emissão de signos*: expressar para uma personagem coisas tais como: “Ande para frente”, “Gire à esquerda”, “Fale ...” etc., solicitar a execução de uma música, solicitar a colocação de um item de cenário no palco.

Com tais prerrogativas semióticas, viver como um diretor dentro do TC permite ao usuário aprender como usar os recursos disponíveis para expressar uma idéia ou um sentimento, improvisando sons, ritmos, cenários etc..

Como um ator, o aprendiz contracenava com outros atores comandados pelo computador (figura 5.3). O ator não tem as mesmas prerrogativas do diretor, o qual comanda o curso da estória. Grosso modo, se a relação semiótica do

diretor para com o teatro está para a relação de Deus com a natureza, então a relação semiótica do ator para com o teatro está para a relação do ser humano para com o mundo. No que se refere a variedade, as possibilidades de semiose e de emissão de signos do ator são muito mais modestas do que as do diretor. O ator não percebe todos elementos do mundo do teatro e nem pode emitir signos que interfiram no curso da peça, que está pre-programada, tendo:

- *capacidade de semiose*: reduzida a certas entidades tais como outros atores, palco, arquibancada etc.. Ele pode ouvir e interpretar o que os outros atores estão falando, ver e interpretar a sua posição e a posição dos demais atores.
- *possibilidade de emissão de signos*: está restrita ao seu movimento e à sua fala.

O aprendiz neste caso é um indivíduo dentro do mundo entre outros indivíduos, sons e itens de cenário. Ele é um ator cooperando e competindo em performance com outros atores. Estas possibilidades semióticas do aprendiz imerso no TC como um ator criam para ele a possibilidade de desenvolver os seus sentidos, para assim adquirir uma melhor percepção de si mesmo, das outras pessoas e do mundo.

Como um espectador, o aprendiz pode se movimentar pelo teatro e assistir a peça da posição que escolher (figura 5.4). A possibilidade de assistir a peça várias vezes, cada uma delas em um lugar diferente, confere ao aprendiz a oportunidade de observar, em cada posição, detalhes ocultos em outras posições. O ator tem sua:

- *Capacidade de semiose*: limitada à percepção e interpretação da peça.
- *Possibilidade de emissão de signos*: limitada a expressões que permitem executar ou interromper a execução da peça e alterar a sua própria posição.

Com estas possibilidades semióticas o aprendiz enquanto um espectador pode aprender a ver e interpretar o mundo sobre diferentes perspectivas (não

somente literalmente) além, evidentemente, de aprender com o próprio conteúdo da peça.

Como um autor, o mundo do TC para o aprendiz torna-se basicamente um editor de textos através do qual ele pode escrever sinopses de peças (figura 5.5). Neste caso a sua:

- *Capacidade de semiose*: está associada a elementos de edição, tais como “papel”, cursor, barra de rolagem, letras, palavras etc..
- *Possibilidade de emissão de signos*: permite a criação de expressões em linguagem escrita sobre a entidade “papel”.

Este quadro semiótico confere ao aprendiz imerso no TC como um autor a possibilidade de explorar a sua imaginação, exercitar o poder de inventar, tirar do nada e desenvolver peças que expressam a sua visão do mundo.

A análise feita até aqui utiliza três dos quatro princípios de design propostos. São eles os princípios que se referem ao “ambiente virtual composto por um conjunto de entidades que se comunicam ...”, à “capacidade de semiose, percebida por humanos, intrínseca a toda entidade do ambiente virtual” e à “possibilidade de emissão de signos, percebida por humanos, própria a toda entidade do ambiente virtual”. Mas o que pode nos dizer, do ponto de vista educacional, o quarto princípio, aquele que pressupõe que a linguagem utilizada pelas entidades do ambiente virtual emerge, versão a versão do ambiente virtual, da comunicação existente entre elas?

A comunicação entre entidades da interface conduz ao estabelecimento de uma linguagem local ao ambiente virtual. Como dissemos na seção 5.3, por um lado entidades humanas regulam naturalmente a sua capacidade de semiose e a sua possibilidade de emissão de signos à medida em que se comunicam com outras entidades do ambiente virtual. Por outro lado, o designer atua sobre as capacidades de semiose e possibilidade de emissão de signos de entidades não humanas fazendo-as com isto, versão a versão do software, “assimilarem” a linguagem local do ambiente virtual ao mesmo tempo em que para ela também contribuem. Assim, de um lado este princípio assinala que a possibilidade educacional de um software não é uma mera potencialidade de valor imutável ao longo do tempo. Quanto mais o

usuário aprende sobre o mundo virtual, mais ele pode aprender sobre ele. De outro lado, o princípio assinala que a própria evolução do ambiente virtual, versão após versão, altera-lhe a sua potencialidade educacional.

7.4- PERSPECTIVAS DE TRABALHOS FUTUROS

Sendo este um trabalho guiado por uma metodologia que tem como princípio fundamental as aproximações sucessivas, como descrevemos no capítulo 3, não podemos tê-lo como terminado. Certamente ainda sofrerá refinamentos, posto que a sua semiose, a exemplo de todos os processos no universo, é infinita. No entanto, reconhecemos ser cada dia menor os refinamentos pelo qual tem passado. É tempo de “colheita”, tempo de interromper momentaneamente a sua semiose para dele tirar frutos e avaliar as suas conseqüências.

Neste sentido, a avaliação do emprego por designers da metodologia proposta é um dos trabalhos futuros e, talvez, o maior, mais difícil e mais caro trabalho motivado por este que ora interrompemos. O acompanhamento do uso do TC por crianças é outro trabalho futuro que pode ajudar-nos a medir a eficiência deste ambiente enquanto proposta educacional e enquanto objeto de design.

Nós temos utilizado na implementação dos protótipos do TC um certo ambiente de desenvolvimento tipicamente desktop, constituído de janelas, ícones, dispositivo de apontamento e menus, tudo isto ao estilo WIMP. As nossas implementações são um esforço em escrever o ambiente virtual TC, que tem subjacente a si o modelo conceitual proposto, com os widgets disponíveis, os quais foram concebidos segundo um outro modelo conceitual. Por exemplo, uma caixa de diálogo ou uma caixa de mensagem segundo a tradição WIMP é uma comunicação entre o computador e o usuário mas em nosso modelo conceitual nós precisamos de comunicações entre uma certa entidade e o usuário, ou entre as entidades. Um outro exemplo: nós representamos entidades tais como “Biblioteca de Músicas e Sons” e “Servidor de Peças na Internet” (veja seção B.3 do apêndice B) através de janelas mas não estamos certos de que esta seja a melhor representação para estas entidades, uma vez que elas freqüentemente limitam

a visão do usuário imerso do restante do ambiente. Assim, um trabalho futuro consiste em criar componentes que dêem suporte a implementação do modelo conceitual proposto de uma maneira mais natural do que é possível com os pacotes disponíveis hoje em dia.

O desenvolvimento de ferramentas que auxiliam a aplicação da metodologia proposta na modelagem, no gerenciamento das atividades de design e na comunicação entre os membros da equipe de design pode contribuir para a prática, a aprendizagem, a aceitação e para a própria experimentação do método proposto.

Há, porém, perspectivas de trabalhos não relacionados diretamente aos resultados deste trabalho. Pensamos que é no referencial teórico que sustenta esta tese que estão associadas as maiores chances de trabalhos no futuro. Ao desenvolver esta tese, pudemos provar um pouco do “sabor” desta intrigante e poderosa lógica subjacente à Semiótica (Lógica) de Peirce. Estamos convictos de que a Semiótica se revelará bom referencial teórico a muitos outros campos da Ciência da Computação além da interação Humano-Computador onde o papel dos sistemas semióticos é mais evidente. Talvez, um caminho para tudo isto comece na Teoria da Computação através da formalização matemática, ainda que parcial e fragmentada, da lógica subjacente à Semiótica de Peirce, especialmente a lógica dos processos associados à ação do signo (semiose), tendo como objetivo o estabelecimento e a avaliação do poder de modelos computacionais baseados nesta lógica.

7.5- A SEMIÓTICA ENQUANTO REFERENCIAL TEÓRICO DESTA TESE

A Semiótica de Peirce nos é útil no desenvolvimento dos argumentos, princípios, técnicas, métodos e artefatos de modelagem que produzimos nesta tese. Como vimos na primeira subseção da seção 7.2 todos os procedimentos que compõem o método de design proposto são descritos a partir do princípio lógico-estrutural dos processos dialéticos de continuidade e crescimento subjacente ao conceito de signo, a semiose. Assim é que falamos da “semiose do ambiente virtual” para nos referir ao processo iterativo, definido na seção 5.4, segundo o qual protótipos de ambientes

virtuais são continuamente desenvolvidos e avaliados. Ou ainda, as “semioses dos modelos de entidades e de comunicações do domínio do ambiente virtual”, processos dialéticos definidos na seção 5.6, que objetivam o estabelecimento, respectivamente, de um modelo de entidades e de um modelo de comunicações.

O conceito de imersão, possivelmente o mais importante entre todos aqueles que se aplicam a ambientes virtuais, foi recriado na seção 2.5 de uma forma mais ampla do que é tradicionalmente descrito na literatura de realidade virtual, a partir da concepção de fluxos de signos do ambiente virtual e do mundo real que se dirigem a um usuário.

O modelo conceitual para interação em ambientes virtuais e os princípios de design propostos seguem claramente da Semiótica de Peirce. Os modelos de entidades e de comunicações foram concebidos a partir da tríade peirceana de signo (*representamen*), interpretante e objeto, objeto este caracterizado pelo ambiente virtual observado do ponto de vista de um usuário imerso.

Objetivando medir o quanto é consistente o interpretante do usuário, constatado por observação de uso, e o interpretante que o designer presume que o usuário irá ter na presença das entidades e comunicações do ambiente virtual, a avaliação, fase do método de design descrita na seção 5.9, é notadamente algo que poderíamos caracterizar como avaliação semiótica em contraposição a tantos outros métodos de avaliação de usabilidade descritos na literatura de Interação Humano-Computador.

A Semiótica de Peirce estendeu a sua “mão” até mesmo na hora em que dela precisávamos como fundamento para o planejamento metodológico das nossas ações enquanto pesquisadores. O princípio das aproximações sucessivas, citado no capítulo 3 antes que pudéssemos discutir no capítulo 4 a Semiótica enquanto referencial teórico a esta tese, em essência refere-se à “semiose da tese”, processo firmado sobre bases dialéticas que contrapõe o signo “tese” ao objeto “design da interação em ambientes virtuais” que é o nosso objeto de estudo.

Há, portanto, marcas da Semiótica de Peirce em todas as partes, em cada idéia e em cada argumento exposto nesta tese. Desde o entendimento global dos processos subjacentes ao método de design proposto até o mais

elementar trabalho de semióse de um conceito isolado dentro de um domínio, efetuado por um designer na sua tarefa de estabelecer o design de um software, a Semiótica de Peirce está presente como teoria que suporta, dá força e embeleza os nossos argumentos. E tudo isto ocorre porque, diante de qualquer fenômeno, a nossa consciência produz um signo, um pensamento como mediação entre nós e os fenômenos. Nós, humanos, só conhecemos o mundo porque de alguma maneira o representamos, criamos signos para o que percebemos, sentimos, e só nos fazemos presentes no mundo através dos signos. *Eis aí, num mesmo nó, aquilo que funda a miséria e a grandeza de nossa condição como seres simbólicos. Somos no mundo, estamos no mundo, mas o nosso acesso sensível ao mundo é sempre como que vedado por essa crosta signica que, embora nos forneça o meio de compreender, transformar, programar o mundo, ao mesmo tempo usurpa de nós uma existência direta, imediata, palpável, corpo a corpo e sensual com o sensível* (Santaella, 1996, p. 52). Além de ser esta uma tese sobre design de interfaces, ela é também uma exaltação ao valor da Semiótica de Peirce.

Apêndice

A

Referência rápida ao método de design proposto

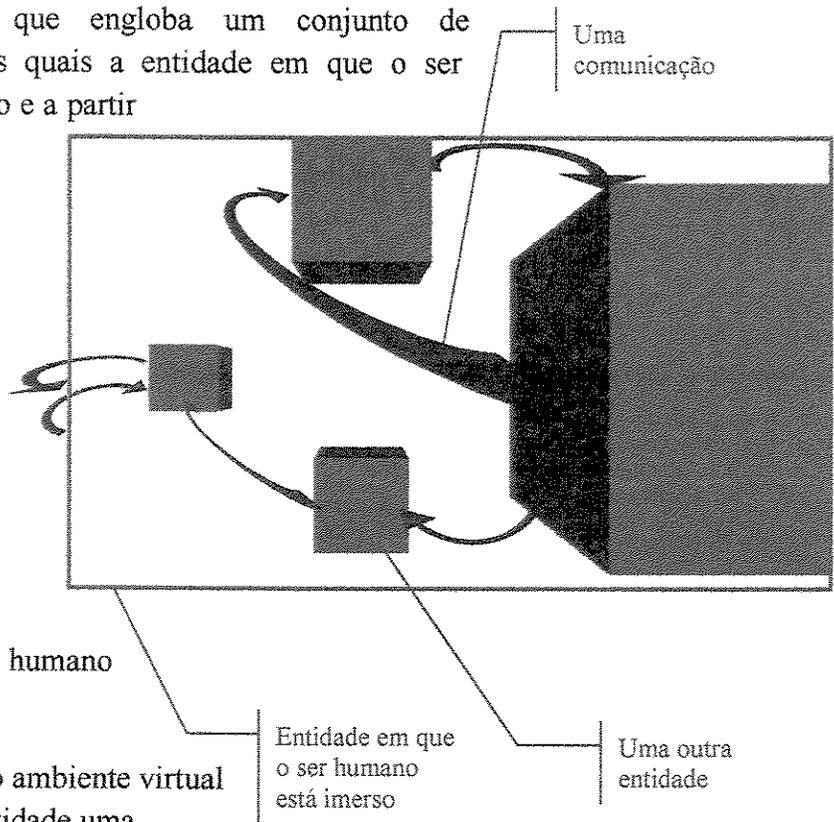
- A.1- Modelo conceitual subjacente ao método 196
- A.2- Princípios de design 196
- A.3- Notação empregada na descrição dos modelos e do processo subjacentes ao método 197
- A.4- Modelo de entidades 198
- A.5- Modelo de comunicações 199
- A.6- Modelo de análise de alternativas 200
- A.7- O processo de design 201

Este apêndice é uma referência sintética ao método de design proposto. Após uma descrição do modelo conceitual e dos princípios de design que orientam o método proposto, os modelos que instrumentam e o processo de design que confere ação ao método são descritos a partir da notação discutida na seção A.3.

A.1- MODELO CONCEITUAL SUBJACENTE AO MÉTODO

A interação do ser humano com o computador é entendida como um sistema de comunicação que engloba um conjunto de entidades, entre as quais a entidade em que o ser humano está imerso e a partir

da qual este ser humano percebe o ambiente virtual. Algo é uma entidade, se para a entidade humana imersa este algo tiver uma função comunicativa, isto é, este algo emitir signos para o observador humano imerso.



Humanos dentro do ambiente virtual associam a toda entidade uma

capacidade comunicativa, isto é, toda entidade é percebida pelo ser humano como tendo uma certa possibilidade de emissão de signos e uma certa capacidade de semiose relativa ao ambiente virtual. Possibilidade de emissão de signos refere-se à habilidade de produzir expressões para o ambiente virtual. Capacidade de semiose refere-se à habilidade de perceber e interpretar o ambiente virtual.

A.2- PRINCÍPIOS DE DESIGN

- O ambiente virtual deve ser entendido como um sistema composto por um conjunto de entidades que se comunicam, uma ou mais das quais são seres humanos. O design do ambiente virtual deve ser

relativo ao ponto de vista de cada entidade em que o ser humano pode ser imerso.

- Toda entidade possui uma capacidade de semiose, percebida por humanos, imersos no ambiente virtual;
- Toda entidade tem uma possibilidade de emissão de signos, percebida por humanos, imersos no ambiente virtual;
- A linguagem utilizada pelas entidades do ambiente virtual emerge, versão a versão do ambiente virtual, da comunicação entre elas.

A.3- NOTAÇÃO EMPREGADA NA DESCRIÇÃO DOS MODELOS E DO PROCESSO SUBJACENTES AO MÉTODO

Os seguintes símbolos e os seus respectivos significados são empregados na notação que define os modelos e o processo subjacentes ao método de design:

<i>Símbolo</i>	<i>Significado</i>
→	Significa
<x>	Indica que “x” é um símbolo não terminal.
y	Indica que “y” é um símbolo terminal.
s*	Repetição zero ou mais vezes de “s” (fecho de Kleene).
[z]	Opcionalidade do elemento “z”, i. é, o elemento “z” pode ou não ocorrer na cadeia.
a b	Indica uma escolha alternativa entre os símbolos terminais ou

não terminais “a” e “b”.

- (t) Indica o significado do texto “t” escrito em linguagem natural. Observe que os parênteses estão na cor vermelha.

A.4- MODELO DE ENTIDADES

<Modelo de entidades> → <Submodelo de entidades>*

<Submodelo de entidades> → Título do submodelo de entidades : <Título do submodelo> Usuário imerso na entidade : <Entidade na qual o usuário está imerso> Cena : <Cena> Interpretante presumido para cada entidade : <Interpretante presumido para cada entidade> [Avaliação : <Avaliação>*]

<Interpretante presumido para cada entidade> → <Interpretante de uma entidade>*

<Interpretante de uma entidade> → <Entidade> : <Interpretante>

<Avaliação> → Questão : <Questão>

<Cena> → (um instantâneo (“fotografia”) da execução do ambiente virtual (ou real). Em geral é descrita por uma imagem ou desenho, já que os signos visuais predominam nos ambientes virtuais. Em casos onde os signos sonoros, táteis ou de outra natureza sejam relevantes eles também devem ser descritos.)

<Entidade> → (um nome que referencia uma entidade entre todas as outras entidades do ambiente virtual.)

<Entidade na qual o usuário está imerso> → (nome da entidade na qual o usuário está imerso. Em muitos ambientes virtuais o usuário pode imergir em, apenas, uma entidade.)

<Interpretante> → (um texto em linguagem natural que presume o interpretante do usuário imerso no ambiente na presença do signo de uma entidade, considerando o contexto da cena e do ambiente como um todo.)

<Questão> → (problema, levantado na fase de avaliação (de desenvolvimento), direta ou indiretamente relacionado à (possível) inconsistência entre o interpretante do usuário, constatado por observação de uso, e o interpretante presumido pelo designer.)

<Título do submodelo> → (um nome que identifica o submodelo de entidades entre os outros submodelos para o usuário imerso no ambiente em uma certa entidade.)

A.5- MODELO DE COMUNICAÇÕES

<Modelo de comunicações> → <Modelo de diálogo>*

<Modelo de diálogo> → Título do modelo de diálogo : <Título do modelo de diálogo> Usuário imerso na entidade : <Entidade na qual o usuário está imerso> Contexto de entrada : <Contexto de entrada> Entidades participantes : <Entidades participantes> . Cenário : <Cenário> [Avaliação : <Avaliação>*]

<Cenário> → <Trecho>*

<Trecho> → Trecho : <Número> <Signo composto> Interpretante presumido : <Interpretante presumido> .

<Signo composto> → <Signo unimodal> . | <Signo unimodal> . || <Signo composto>

<Signo unimodal> → <Seqüência de signos>*

<Seqüência de signos> → <Signo> | <Signo> ; <Seqüência de signos>

<Entidades participantes> → <Entidade participante> | , <Entidade participante>

- <Avaliação> → Questão : <Questão>
- <Contexto de entrada> → (texto em linguagem natural que descreve o contexto que precede o modelo de diálogo.)
- <Entidade> → (um nome que referencia uma entidade entre todas as outras entidades do ambiente virtual.)
- <Entidade na qual o usuário está imerso> → (nome da entidade na qual o usuário está imerso. Em muitos ambientes virtuais o usuário pode imergir em, apenas, uma entidade.)
- <Entidade participante> → (nome que referencia uma entidade que participa do modelo de diálogo.)
- <Interpretante presumido> → (texto em linguagem natural que presume o interpretante do usuário na presença do signo de uma entidade considerando o contexto da cena.)
- <Número> → (número inteiro identificando univocamente o trecho.)
- <Questão> → (problema, levantado na fase de avaliação (de desenvolvimento), direta ou indiretamente relacionado à (possível) inconsistência entre o interpretante do usuário imerso no ambiente, constatado por observação de uso, e o interpretante presumido pelo designer.)
- <Signo> → (texto em linguagem natural descrevendo um signo (*representamen*)).
- <Título do modelo de diálogo> → (um nome que identifica o modelo de diálogo entre os outros modelos para o usuário imerso no ambiente em uma certa entidade.)

A.6- MODELO DE ANÁLISE DE ALTERNATIVAS

<Modelo de Análise de alternativas> → <Questionamento>*

<Questionamento> → Questão : <Questão> <Posicionamento>* [<Sub-questão>*]

<Posicionamento> → Alternativa : <Alternativa> <Argumentos>*

<Argumentos> → <Argumento a favor> | <Argumento contra>

<Sub-questão> → <Questionamento>

<Questão> → (problema, levantado na fase de avaliação (de desenvolvimento), direta ou indiretamente relacionado à (possível) inconsistência entre o interpretante do usuário imerso no ambiente, constatado por observação de uso, e o interpretante presumido pelo designer no que se refere às entidades que participam do ambiente virtual ou à comunicação entre elas.)

<Alternativa> → (texto em linguagem natural descrevendo uma alternativa à solução de uma questão.)

<Argumento a favor> → (texto em linguagem natural descrevendo um argumento a favor da adoção de uma determinada alternativa.)

<Argumento contra> → (texto em linguagem natural descrevendo um argumento contra a adoção de uma determinada alternativa.)

A.7- O PROCESSO DE DESIGN

<Processo de design> → <Análise do domínio do ambiente virtual>
<Levantamento de questões relativas ao design da primeira versão do ambiente virtual> <Ciclo de design>*

<Ciclo de design> → <Análise de alternativas> <Desenvolvimento>
<Avaliação>

<Análise do domínio do ambiente virtual> → <Definição dos objetivos do ambiente virtual> <Declaração do domínio> <Definição dos limites da análise> <Definição das entidades em que o usuário pode imergir> <Ciclo de análise>*

<Ciclo de análise> → <Ciclo de análise para cada entidade em que o usuário pode imergir>*

<Ciclo de análise para cada entidade em que o usuário pode imergir> →
<Coleta de informações sobre o domínio do ambiente virtual>
<Identificação das entidades e estabelecimento do modelo de entidades> <Identificação das comunicações e estabelecimento do modelo de comunicações>

<Análise de alternativas> → (atividade de estudo, proposição de alternativas de solução a questões e estabelecimento do modelo de análise de alternativas. As questões são levantadas especialmente nas fases de avaliação mas também nas fases de desenvolvimento e apontamento inicial de questões relativas ao estabelecimento da primeira versão do ambiente virtual.)

<Desenvolvimento> → (atividade de estabelecimento do modelo de entidades e de comunicações do ambiente virtual.)

<Avaliação> → (atividade de observação de uso do ambiente virtual e entrevistas com usuários imersos no ambiente segundo cada situação prescrita em cada submodelo de entidades e cada modelo de diálogo. Objetiva-se medir a consistência entre o interpretante do usuário, constatado por observação de uso, e o interpretante que o designer presumiu (nos modelos estabelecidos) que o usuário irá ter na presença das entidades e das comunicações entre as entidades do ambiente. Para cada inconsistência encontrada o avaliador deve levantar uma questão de design e descrevê-la junto ao submodelo de entidades ou de diálogo em que ela foi encontrada.)

<Definição dos objetivos do ambiente virtual> → (texto em linguagem natural definindo os objetivos do ambiente virtual.)

<Declaração do domínio> → (nome referenciando de forma sintética o domínio do ambiente virtual.)

<Definição dos limites da análise> → (texto em linguagem natural definindo uma envoltória imaginária que circunda o sistema particular que se

quer analisar dentro do domínio do ambiente virtual e deixa de fora os elementos dos outros sistemas.)

<Definição das entidades em que o usuário pode imergir> → (lista descrevendo os nomes das entidades em que o usuário pode imergir.)

<Coleta de informações sobre o domínio do ambiente virtual> → (tarefa de reunir informações sobre o domínio seja na forma de textos, documentos, relatos de peritos, observações de campo ou entrevistas com usuários especialistas.)

<Identificação das entidades e estabelecimento do modelo de entidades> → (tarefa de identificar as entidades nas informações coletadas e desenvolver o modelo de entidades. Algo nomeado por um substantivo nas informações coletadas é uma entidade se referenciar alguma coisa, dentro dos limites de análise do domínio, que possui função comunicativa em relação à entidade em que o usuário está imerso. Dizer que algo possui função comunicativa em relação à entidade em que o usuário está imerso significa dizer que este algo emite signos para a entidade considerada.)

<Identificação das comunicações e estabelecimento do modelo de comunicações> → <Identificação das tarefas de cada entidade>
<Desenvolvimento do modelo de comunicações>

<Identificação das tarefas de cada entidade> → (atividade de identificar, nas informações coletadas, as tarefas realizadas por cada entidade. Um verbo nas informações coletadas nomeia uma possível tarefa. Se o verbo nomear uma ação, dentro dos limites de análise e dos objetivos do ambiente virtual, que esteja associado a uma das entidades percebidas pelo usuário imerso ou à entidade do usuário imerso, então a ação nomeada pelo verbo é uma tarefa para a entidade a que ela se refere.)

<Desenvolvimento do modelo de comunicações> → (tarefa de estabelecer um conjunto de modelos de diálogo salientes para cada tarefa encontrada. Um modelo de diálogo é saliente se captar algum aspecto não presente em outros modelos de diálogos. Uma estratégia

para estabelecimento de um modelo de diálogo saliente consiste em desenvolver um modelo de diálogo para uma situação de processamento normal da tarefa e modelos de diálogo para situações onde o processamento da tarefa não prossegue sem qualquer obstáculo para a consecução da mesma.)

<Levantamento de questões relativas ao design da primeira versão do ambiente virtual> → (conjunto de questões fomentadas na tentativa de se estabelecer a primeira versão do ambiente virtual.)

Apêndice **B**

TC – Teatro no Computador: Referência rápida ao uso da primeira versão e visão geral do design do protótipo atual

B.1- Apresentação	207
B.2- Referência rápida ao uso da primeira versão	209
Visão geral da interface	209
Menus	210
Comandos dos menus	211
O script	213
Barra de botões	214
Escolha de música e sons diversos	215
Escolha de itens para composição do cenário	216
Edição de fala	217
Escolha de peças da Internet	219
Publicação de peças na Internet	221
Teclas de acesso rápido	222
B.3- Visão geral do design do protótipo atual	224
O ambiente, algumas entidades e diferentes maneiras de imergir	224
A entidade Computador	227
A entidade Biblioteca de Músicas e Sons	228
A entidade Servidor de Peças na Internet	229
A entidade Editor de Sinopses ou, simplesmente, Sinopses	231
Outras entidades	232

Este apêndice pode ser dividido em duas partes. A primeira parte, coberta na seção B.2, é uma referência sintética ao uso da primeira versão do TC - Teatro no Computador, possivelmente para ser utilizada como uma referência rápida por aqueles que desejam usar esta versão. A segunda parte contém uma visão geral do design do protótipo atual do TC. A primeira versão do TC, influenciada pelo modelo conceitual desktop e concebida bem no início dos trabalhos desta tese, pode ser contrastada com o design do protótipo atual, desenvolvido segundo o modelo conceitual proposto nesta tese.

B.1- APRESENTAÇÃO

A falta de exercícios de expressão espontânea pelas crianças vai tornando-as máquinas de repetir conceitos, porta-vozes do que se ouve todos os dias nos programas de televisão, nas salas de aula, veículos puros de uma ideologia mal compreendida. Por outro lado, o teatro tem sido defendido no contexto educacional para o desenvolvimento de habilidades como a criatividade, a imaginação, a interpretação crítica, a concentração e a expressão.

O TC - Teatro no Computador é um protótipo de software para criação de peças de teatro através do computador, dirigido especialmente a crianças.

As peças podem ser criadas no TC por crianças trabalhando individualmente ou coletivamente. Depois de prontas, as peças podem ser veiculadas na Internet e serem assistidas por outras pessoas. Ou ainda, pode-se desenvolver outras versões de uma peça colocada na Internet se o autor assim permitir, abrindo espaço para um processo de criação colaborativa através da Internet. As personagens no TC podem se expressar por meio de linguagem falada, escrita ou pelo movimento que podem estabelecer no palco. Músicas, sons e itens de cenário podem ser utilizados para compor o tempo e o lugar onde uma história se passa. A possibilidade de combinação de duas ou mais linguagens dentro do TC, abre espaço para formas mais complexas de comunicação tal como a



dança. A independência da linguagem escrita como única fonte de recursos expressivos, estende o mundo do TC às crianças mais novas, não alfabetizadas.

A criança pode participar do espaço virtual criado pelo TC de diversas maneiras. Cada uma destas maneiras é função da relação que a criança contrai com as demais entidades que habitam a interface do TC (personagens, cenários etc.). Cada uma destas maneiras cria diferentes oportunidades de aprendizagem para a criança.

Participando do TC como um diretor a criança aprende a usar os recursos disponíveis para expressar uma idéia ou um sentimento, improvisando sons, ritmos, cenários etc. a partir dos recursos existentes.

Participando do TC como um ator (disponível somente no protótipo atual) a criança pode desenvolver os seus sentidos, para melhor percepção de si mesma, do outro e do mundo.

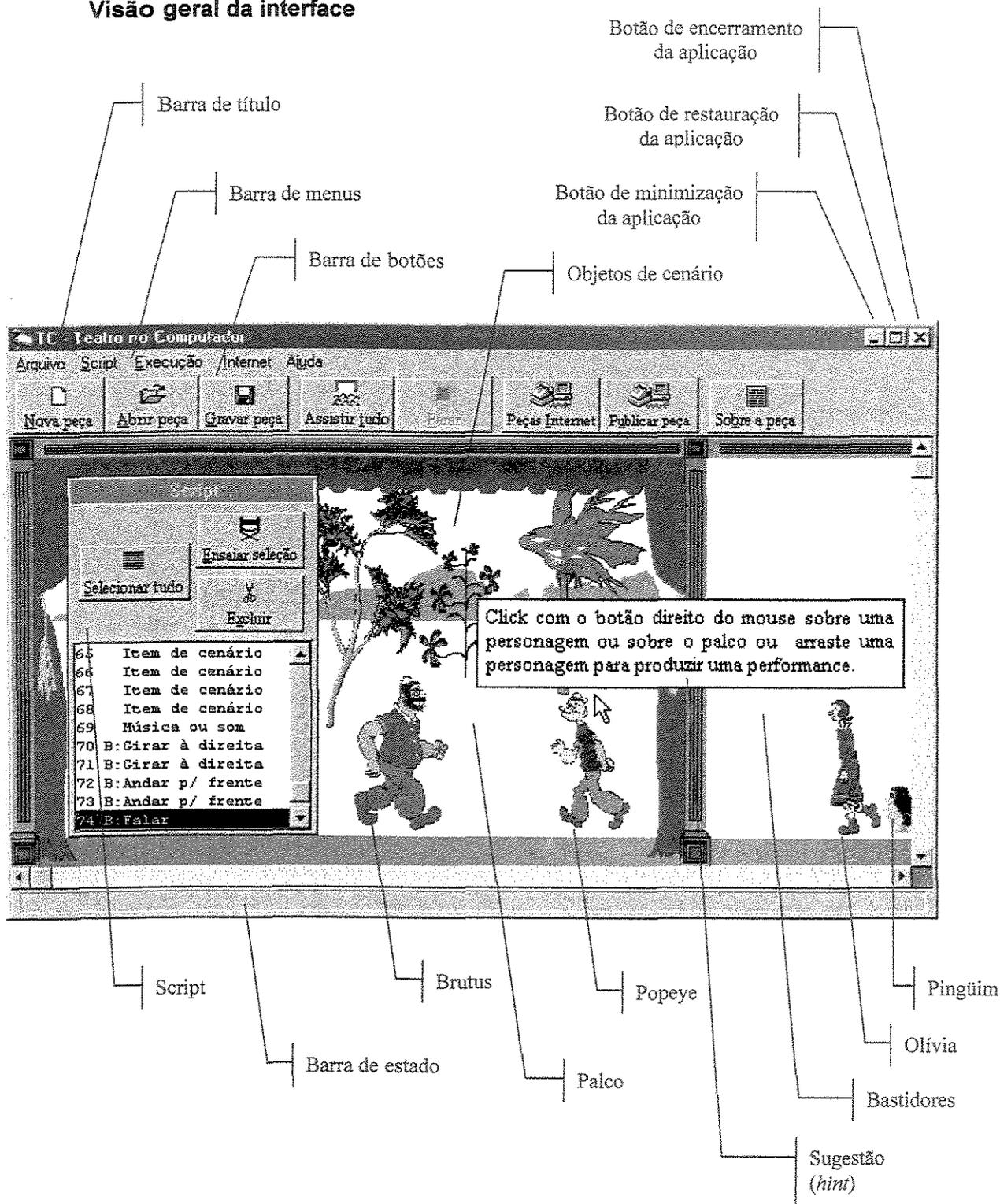
Participando do TC como um espectador (disponível somente no protótipo atual) a criança aprende a ver e interpretar o mundo sob diferentes perspectivas a partir da possibilidade de se posicionar em algum dos diversos locais do teatro.

Participando do TC como um autor (disponível somente no protótipo atual) a criança pode explorar a sua imaginação, exercitar o poder de inventar, tirar coisas do “nada” e escrever sinopses de peças que expressam a sua visão do mundo.

Neste apêndice nós apresentamos na seção B.2 uma referência rápida à primeira versão do TC e na seção B.3 uma visão geral do design do protótipo atual do TC.

B.2- REFERÊNCIA RÁPIDA AO USO DA PRIMEIRA VERSÃO

Visão geral da interface



Menus

Menus da barra de menus:

Arquivo	
Nova peça	Ctrl+N
Abrir peça..	Ctrl+A
Gravar peça..	Ctrl+G

Sobre a peça..	Ctrl+B

Sair	Alt+F4

Script	
Selecionar tudo	Ctrl+S
Ensaiar seleção	Ctrl+E

Excluir	Ctrl+X

Execução	
Assistir tudo	Ctrl+T
Parar	Ctrl+P

Internet	
Carregar uma peça	Ctrl+I
Publicar uma peça	Ctrl+U

Ajuda	
Conteúdo	F1
Q ue é o TC?	
Benefícios educacionais	
Comandos do menu	
Procedimentos passo a passo	
Mapas da interface	
Teclas de acesso rápido	

Sobre o software..	

Menus suspensos (acionados sobre alguma coisa com o botão direito do mouse):

Sobre uma personagem
Andar para frente
Andar para atrás

Girar à direita
Girar à esquerda

Falar

Sobre qualquer ponto vazio no teatro
Passar tempo

Cenário

Música e som

Comandos dos menus

<i>Comando</i>	<i>Efeito</i>
Abrir peça	Abre uma peça existente no disco local.
Andar para atrás	Comunica a uma personagem para dar um passo para atrás
Andar para frente	Comunica a uma personagem para dar um passo para frente.
Assistir tudo	Permite assistir a peça inteira.
Benefícios educacionais	Exibe uma página contendo uma discussão sobre os benefícios educacionais do TC.
Carregar uma peça	Faz conexão com o servidor de peças na Internet e permite a escolha de uma peça para ser carregada.
Cenário	Exibe uma biblioteca de objetos para composição do cenário.
Comandos do menu	Exibe uma página contendo explicações sobre cada um dos comandos do menu.
Conteúdo	Exibe a página que contém o conteúdo da ajuda.
Ensaiar seleção	Permite assistir a execução das linhas selecionadas no script.
Excluir	Exclui do script as linhas selecionadas.
Falar	Exibe uma caixa de diálogo para edição de fala verbal ou escrita de uma personagem.
Girar à direita	Comunica a uma personagem para girar 90 graus à direita.

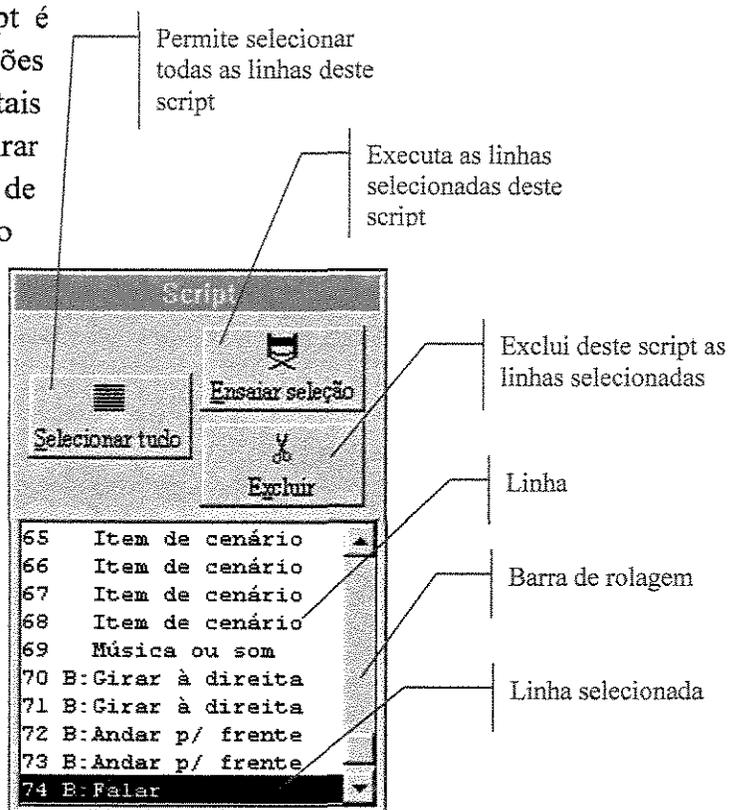
Girar à esquerda	Comunica a uma personagem para girar 90 graus à esquerda.
Gravar peça	Grava em disco a peça que está sendo criada.
Mapas da interface	Exibe telas com o desenho e a descrição dos elementos da interface.
Musica e som	Exibe uma biblioteca de músicas e ruídos diversos.
Nova peça	Permite que se crie uma nova peça.
O que é o TC?	Exibe uma página contendo informações sobre o que é o TC e quais as suas aplicações.
Parar	Interrompe a execução da peça.
Passar tempo	Produz um atraso de aproximadamente 1 segundo na execução da peça.
Procedimentos passo a passo	Exibe uma página que dá acesso a instruções, passo a passo, sobre procedimentos para se usar este software.
Publicar uma peça	Publica no servidor de peças da Internet a peça correntemente utilizada.
Sair	Encerra a execução do TC.
Selecionar tudo	Seleciona todas as linhas do script.
Sobre a peça	Permite consultar informações sobre a peça corrente (título, autor etc.).
Sobre o software	Exibe informações sobre o software (autor, versão etc.).
Teclas de acesso rápido	Exibe uma página contendo uma relação das teclas de acesso rápido a comandos.

O script

O script da peça é um texto que contém os diálogos e as indicações cênicas relativas ao posicionamento das personagens, músicas, sons, objetos de cenário a exibir etc.. O script é composto a partir de frações elementares de atos cênicos tais como “andar para frente”, “girar à direita”, “falar”, “item de cenário” etc.. O usuário não escreve diretamente no script mas o faz de forma indireta por meio do diálogo com as entidades da interface.

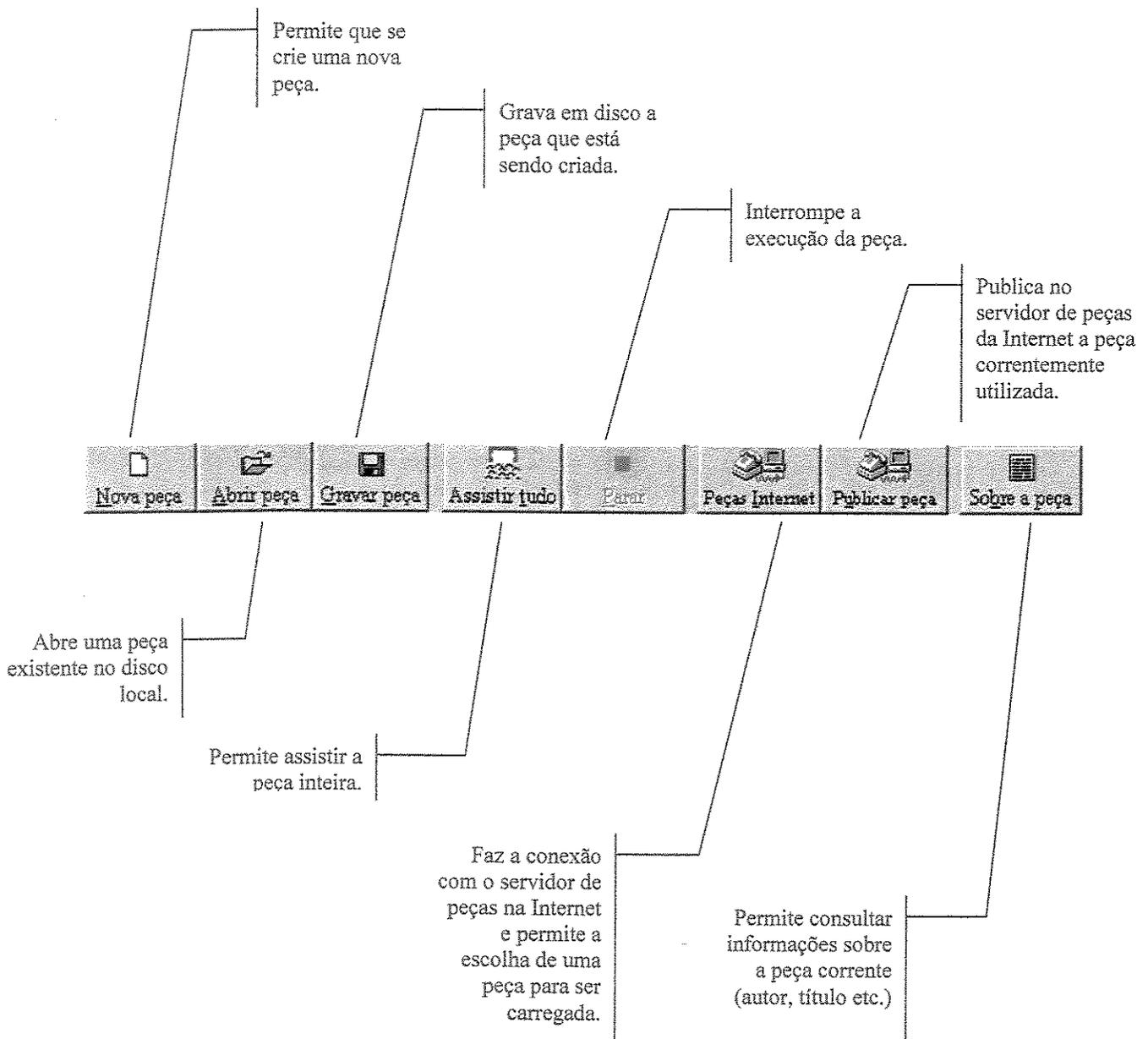
Uma linha do script, quando se refere a uma ação cênica atribuída a uma personagem, é composta dos seguintes elementos: número de ordem da linha, uma letra indicando a personagem (“B” para Brutus, “G” para Pingüim, “O” para Olívia, “P” para Popeye) e uma referência à ação cênica (andar para frente, girar à esquerda etc.). Quando a linha do script não se refere a uma personagem, ela é composta de “número da linha” e de uma referência à ação cênica.

O script admite a seleção de uma linha a partir de um clique sobre a mesma ou um intervalo de linhas através da marcação da linha inicial e da linha final enquanto se mantém pressionada a tecla “SHIFT”. As linhas correntemente selecionadas são marcadas por uma linha escura. É possível selecionar de uma só vez todas as linhas do script pressionando-se o botão “Selecionar tudo” do script ou usando-se o comando “Selecionar tudo” do menu “Script”.



Duas operações se aplicam a linhas selecionadas: (1) a execução da peça e (2) a exclusão das ações cênicas relativas às linhas selecionadas. A operação de exclusão pode ser acionada a partir do botão “Excluir” no script ou pela escolha do comando “Excluir” no menu “Script”.

Barra de botões

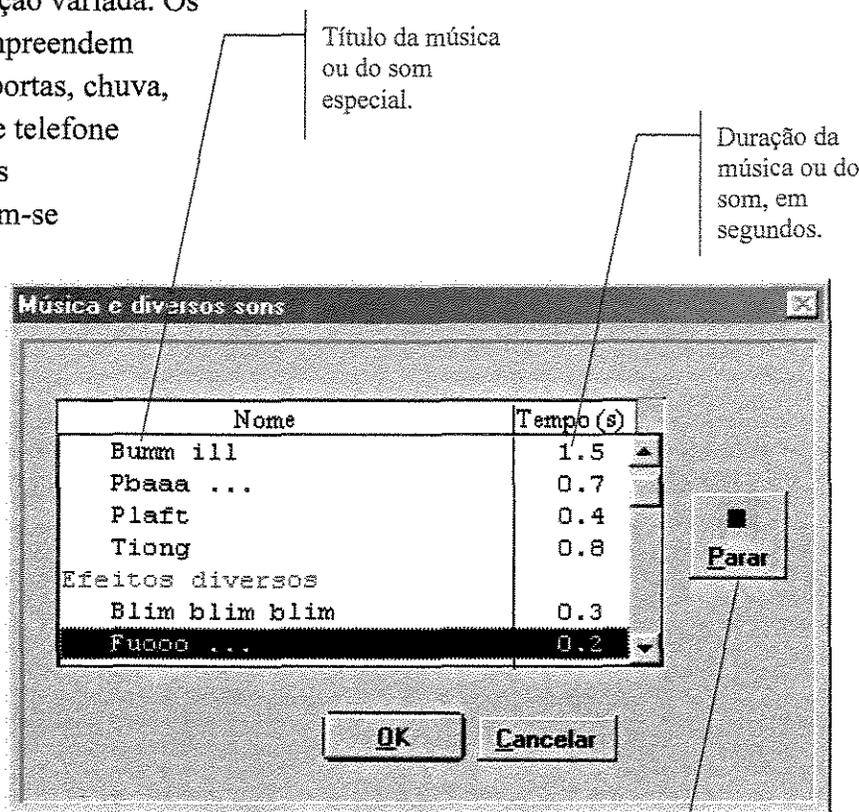


Escolha de música e sons diversos

A biblioteca de músicas e sons possui mais de uma centena de sons e músicas de uma coleção variada. Os sons disponíveis compreendem apitos, aberturas de portas, chuva, trovão, campainha de telefone etc.. Entre as músicas disponíveis encontram-se canções usadas tradicionalmente em teatro e em cinema para introduzir uma nova cena, *rock*, *jazz*, *new age*, *contry*, clássicas além de uma diversificada miscelânea.

A escolha do som ou da música pode ser feita ouvindo-se trechos dos mesmos. A execução de uma música ou de um som especial pode ser interrompida pressionando-se o botão “Parar” ou escolhendo-se, por meio de um clique sobre uma linha, uma outra opção.

O tempo de execução de cada música ou som pode ser também um fator decisivo na escolha. A música ou o som escolhido, no entanto, não precisa necessariamente ser tocado por inteiro durante a execução da peça. Uma música ou som de longa duração pode ser interrompido pela execução de uma outra música ou som se o script assim prever.



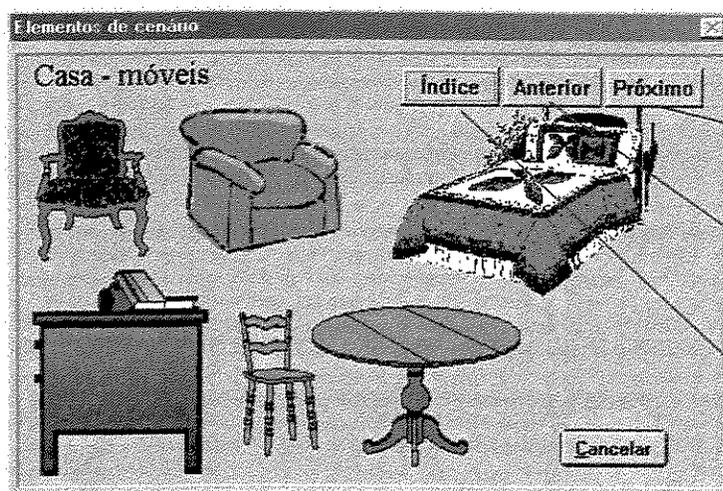
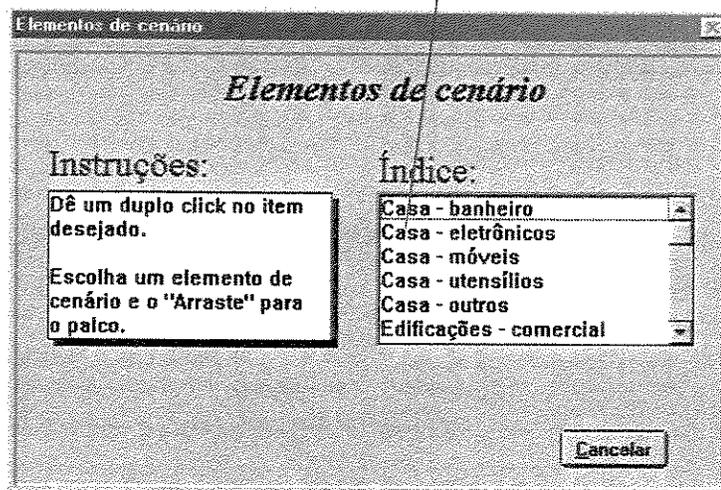
Escolha de itens para composição do cenário

A biblioteca de itens para composição do cenário conta com diversos conjuntos de objetos: itens para banheiro, móveis, eletrodomésticos, fachadas de casas, igrejas, fundos panorâmicos, janelas, portas, quadros para decoração, estrelas, sol, planetas etc..

A escolha e a instalação de um

objeto de cenário no palco é feita pelo arraste do objeto desde a biblioteca de cenários até o palco. O objeto pode, após sua instalação no palco, ser movimentado livremente para a posição que melhor convier.

Cada linha desta conduz a um conjunto de itens de cenário



Exibe o próximo conjunto de itens de cenário

Exibe o conjunto de itens de cenário anterior

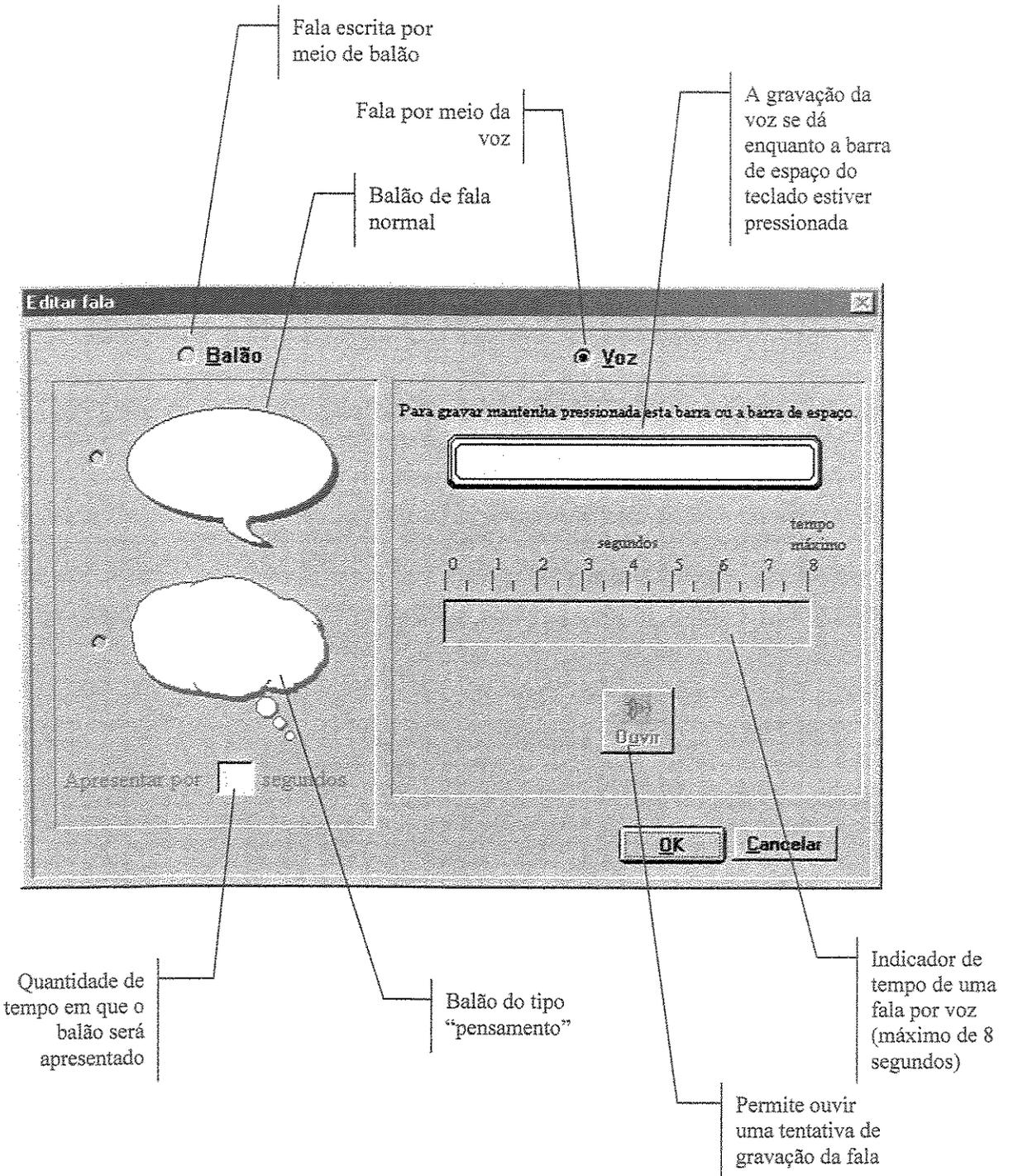
Exibe a página de índice onde todas as classes de itens de cenário são mostradas (figura acima)

Edição de fala

As falas podem ser de dois tipos: verbal, através da gravação da voz, e escrita, por meio de balões. Pode-se escolher entre balões de fala normal (azul) ou balões de “pensamento” (marrom). Os balões são apresentados, durante a execução da peça, por um tempo aproximadamente igual ao escolhido na caixa de edição de tempo de exibição de balões.

A gravação da voz é feita enquanto se mantém pressionada a barra de espaço do teclado. As falas por voz estão limitadas a um tempo máximo de 8 segundos. Frases maiores do que 8 segundos podem ser desenvolvidas por um conjunto de falas isoladas cada qual com, no máximo, 8 segundos.

O ator pode fazer várias tentativas de gravação da voz antes de confirmar uma fala. A gravação de uma tentativa desfaz a tentativa anterior. O botão “Ouvir” permite a audição da última fala gravada.



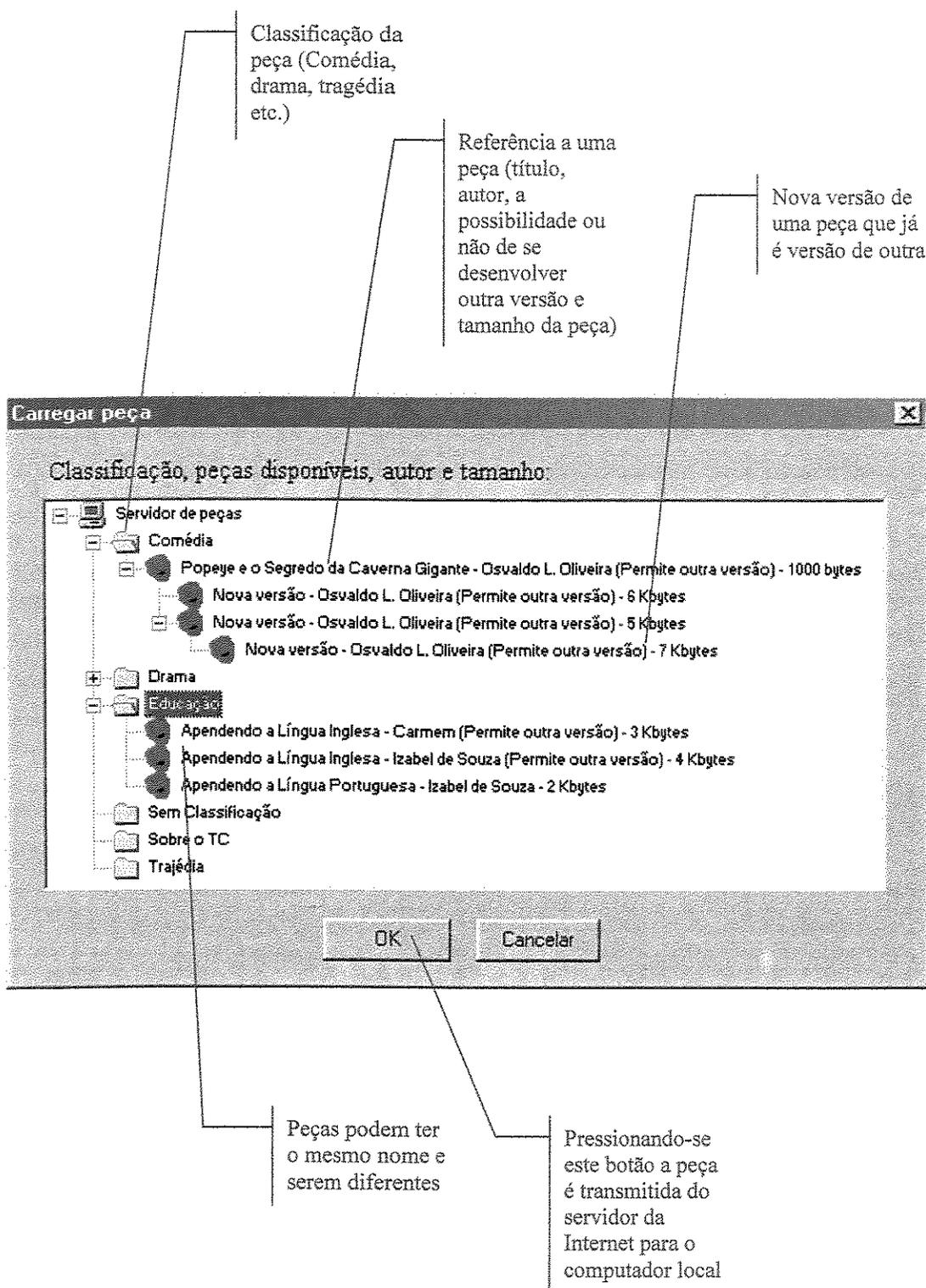
Escolha de peças da internet

As peças podem ser publicadas em um servidor na Internet especialmente desenvolvido para isto. Trata-se de um servidor FTP cujo endereço, usuário e senha pode ser configurado na instalação do TC. Neste sentido, a publicação ou a escolha de uma peça neste servidor é feita de forma transparente para o usuário; tudo se passa como se fosse um acesso ao disco local exceto, obviamente, que a velocidade da operação é menor.

As peças são classificadas por tipos tais como comédia, drama, tragédia, educação etc.. Cabe ao administrador do servidor de peças o estabelecimento da classificação.

Uma peça pode ser inédita ou uma nova versão de alguma peça existente, caso o autor da versão original assim permita. Uma peça que é uma versão de outra peça é apresentada no servidor de peças associada àquela que a deu origem, criando assim um histórico de diversas versões da mesma peça, feitas, possivelmente, por diferentes autores. A estrutura hierárquica do servidor de peças reflete a classificação e a genealogia das peças.

Cada referência a uma peça no servidor de peças apresenta um título, o nome do autor, a possibilidade ou não da produção de outra versão e o tamanho da peça em bytes ou em múltiplos do byte. Uma peça cujo autor não permite a produção de uma nova versão, pode ser assistida e até mesmo gravada no disco local mas jamais poderá ser re-publicada no servidor de peças.



Publicação de peças na internet

As peças podem ser publicadas em um servidor de peças na Internet (veja a seção anterior). O autor pode ou não permitir que outras pessoas desenvolvam novas versões da peça que ele está publicando. Toda peça deve ter uma classificação, ainda que esta classificação seja a opção “Sem classificação”, um título e o nome do autor. Opcionalmente, o autor pode fornecer o seu *e-mail*. Caso forneça, ele poderá ser consultado após a recepção da peça por alguém.

As classificações possíveis são obtidas no servidor de peças na Internet

O autor manifesta a sua permissão ou não para produção de novas versões da peça

The screenshot shows a dialog box titled "Publicar peça na Internet" with a close button (X) in the top right corner. The dialog contains the following elements:

- A dropdown menu labeled "Escolha uma classificação:" with "Comédia" selected.
- A text input field labeled "Título da peça:" containing the text "Popaye e o segredo da caverna gigante".
- A text input field labeled "Nome do autor:" containing the text "Osvaldo I. Oliveira".
- A text input field labeled "e-mail (opcional):" containing the text "osvaldol@aquanet.com.br".
- A group box labeled "Permitir criação de outra versão:" containing two radio buttons: "Sim" (which is selected) and "Não".
- Two buttons at the bottom: "OK" and "Cancelar".

O *e-mail* é opcional. Se fornecido, ele poderá ser consultado por alguém após a recepção da peça

Teclas de acesso rápido

<i>Tecla</i>	<i>Efeito</i>
Ctrl + N	Criar uma nova peça.
Ctrl + A	Abrir uma peça existente.
Ctrl + G	Gravar a peça corrente.
Ctrl + B	Exibir informações sobre a peça (nome, título etc.).
Alt + F4	Encerrar a execução do TC.
Ctrl + S	Selecionar todas as linhas do script.
Ctrl + E	Executar as linhas selecionadas do script.
Ctrl + X	Excluir as linhas selecionadas do script.
Ctrl + T	Permite assistir a peça inteira.
Ctrl + P	Interrompe a execução da peça.
F1	Exibir a página de conteúdo da Ajuda.

Observações:

- Ctrl representa a tecla "Ctrl" (*Control*).
- Alt representa a tecla "Alt".
- O sinal "+" que aparece acima significa que as teclas devem ser pressionadas simultaneamente.

Outra maneira:

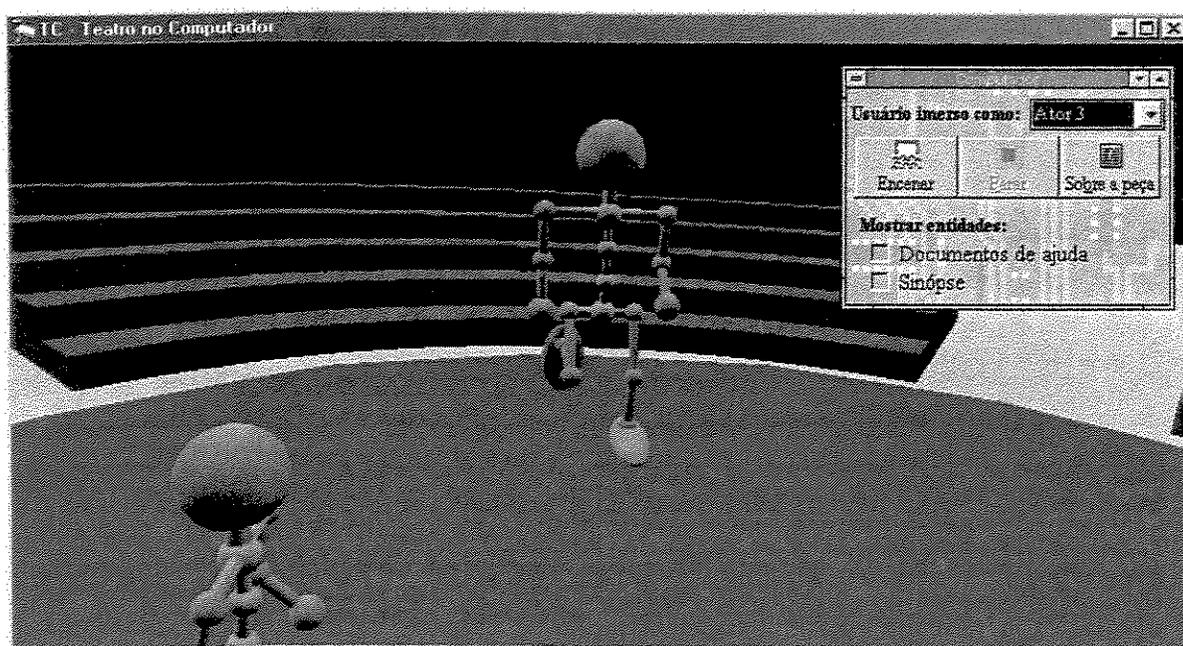
Pode-se também executar comandos no TC mantendo-se pressionada a tecla “Alt” mais a tecla cuja letra está sublinhada no menu e, depois, mais a tecla cuja letra está sublinhada no submenu de comandos. Por exemplo, o comando “Gravar peça” encontra-se no menu “Arquivo” (letra “A” sublinhada) e submenu “Gravar peça” (letra “G” sublinhada). Logo, pode-se acionar o comando “Gravar peça” mantendo-se pressionada a tecla “Alt” mais as letras “A” e “G” em seqüência.

B.3- VISÃO GERAL DO DESIGN DO PROTÓTIPO ATUAL

O ambiente, algumas entidades e diferentes maneiras de imergir

Estando imerso como um diretor, o usuário tem uma visão geral de todas as entidades do TC: palco, ator, script, computador, biblioteca de músicas e sons, servidor de peças na Internet etc..

Além de imergir como um diretor, o usuário pode imergir no ambiente TC também como um ator, um espectador ou um autor. Cada maneira do usuário imergir implica numa visão diferente do ambiente; diferentes são as entidades e diferente também é a comunicação entre o usuário e estas entidades.



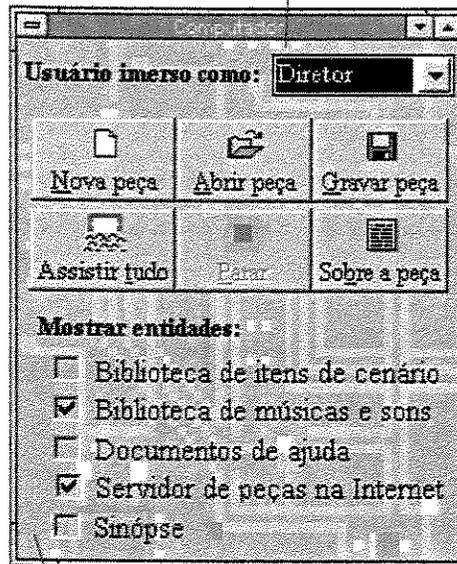
A entidade Computador

A entidade “Computador” é responsável pela imersão do usuário no ambiente TC e permite realização de atividades relacionadas ao armazenamento e a execução da peça, assim como o assinalamento das entidades visíveis. Esta entidade representa o computador investido da sua capacidade de representar e permitir o controle do ambiente virtual TC.

Como toda entidade no TC, a entidade computador apresenta-se para o usuário conforme o papel desempenhado pela entidade em que o usuário está imerso.

A entidade computador está sempre presente no ambiente virtual. Uma tentativa de “fechar” (desligar) a entidade computador é entendida como saída do ambiente virtual TC, situação esta tal que, quando ocorre, a entidade computador pergunta ao usuário imerso se ele está certo de que quer realmente realizar tal operação.

Entidade em que o usuário está imerso



Estas entidades podem estar visíveis ou não

Duas perspectivas da entidade “Computador”, uma com usuário imerso como um diretor e outra como um ator



A entidade Biblioteca de Músicas e Sons

Tal como a biblioteca de músicas e sons da primeira versão do TC, a entidade “biblioteca de músicas e sons”

possui mais de uma centena de sons e músicas de uma coleção variada: apitos, aberturas de portas, chuva, trovão, campainha de telefone etc, músicas clássicas, *rock*, *jazz*, *new age*, *contry*, além de uma diversificada miscelânea.

Esta entidade só é visível para o usuário imerso no TC como um diretor.

A escolha do som ou da música pode ser feita ouvindo-se trechos dos mesmos. A execução de uma música ou de um som especial pode ser interrompida pressionando-se o botão “Parar de tocar” ou escolhendo-se, por um clique sobre uma linha, uma outra opção.

Permite interromper a execução da música ou som.

Nome	Tempo (s)
Clássica 4	33.0
Clássica 5	106.0
Clássica 6	48.0
Músicas - Jazz	
Jazz 1	63.0
Jazz 2	67.0
Jazz 3	54.0

Título da música ou do som especial.

Duração da música ou do som em segundos.

A inclusão de uma música ou som no script da peça é feita pelo arraste da referência à música ou ao som desde a entidade “Biblioteca de Músicas e Sons” até a entidade “Script”. A entidade “Biblioteca de Músicas e Sons” comunica isto ao usuário por meio de um *hint*.

A entidade Servidor de Peças na Internet

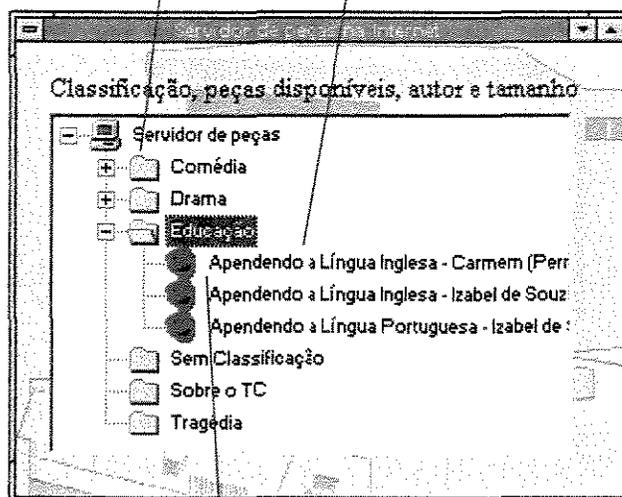
A entidade “Servidor de Peças na Internet” representa um servidor de peças na Internet, especialmente desenvolvido para esta finalidade e que trabalha sob protocolo “FTP”. O endereço do servidor FTP, usuário e senha são configurados na instalação do TC de modo que a Internet ou quaisquer outras entidades necessárias para se “chegar” até o servidor de peças não são visíveis a usuários imersos no TC.

Esta entidade é visível para o usuário imerso no TC como um diretor ou como um espectador

O funcionamento da entidade “Servidor de Peças na Internet” é igual ao funcionamento do servidor de peças da primeira versão do TC. Ou seja, as peças são classificadas por tipos tais como comédia, drama, tragédia, educação etc.. Cabe ao administrador do servidor de peças o estabelecimento da classificação. Uma peça pode ser inédita ou uma nova versão de alguma peça existente, caso o autor da versão original assim permita. Uma peça que é uma versão de outra peça é apresentada no servidor de peças associada àquela que a deu origem, criando assim

Classificação da peça (Comédia, drama, tragédia etc.)

Referência a uma peça (título, autor, a possibilidade ou não de se desenvolver outra versão e tamanho da peça)



Peças podem Ter o mesmo nome e serem diferentes

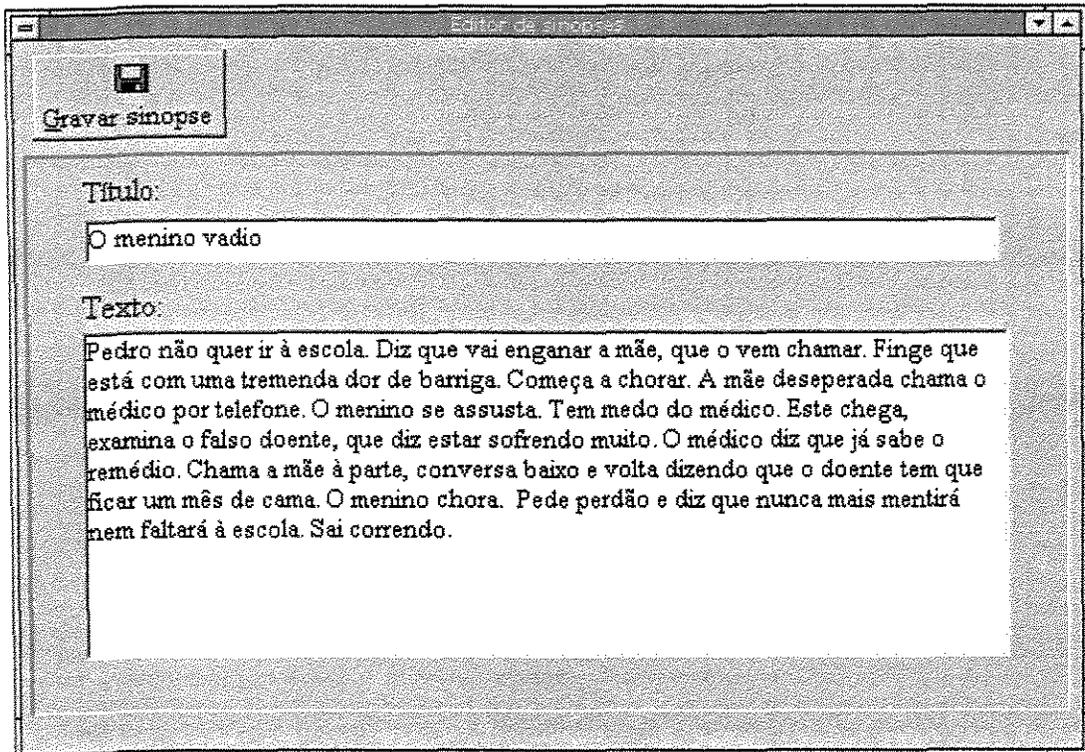
um histórico de diversas versões da mesma peça, feitas, possivelmente, por diferentes autores. A estrutura hierárquica do servidor de peças reflete a classificação e a genealogia das peças.

Cada referência a uma peça no servidor de peças apresenta um título, o nome do autor, a possibilidade ou não da produção de outra versão e o tamanho da peça em bytes ou em múltiplos do byte. Uma peça cujo autor não permite a produção de uma nova versão pode ser assistida e até mesmo gravada no disco local mas jamais poderá ser re-publicada no servidor de peças.

A carga de uma peça publicada na servidor de peças é feita pelo arraste da referência da peça escolhida, desde a entidade “Servidor de Peças na Internet” até a entidade “Computador” ou até a área do palco. A publicação da peça correntemente desenvolvida, caso o usuário esteja imerso como um diretor, é feita pela operação inversa, ou seja, pelo arraste do mouse desde a entidade “Computador” ou a região do palco até a entidade “Servidor de Peças na Internet”. A entidade “Servidor de Peças na Internet” comunica ao usuário, por meio de um *hint*, como estas operações podem ser realizadas.

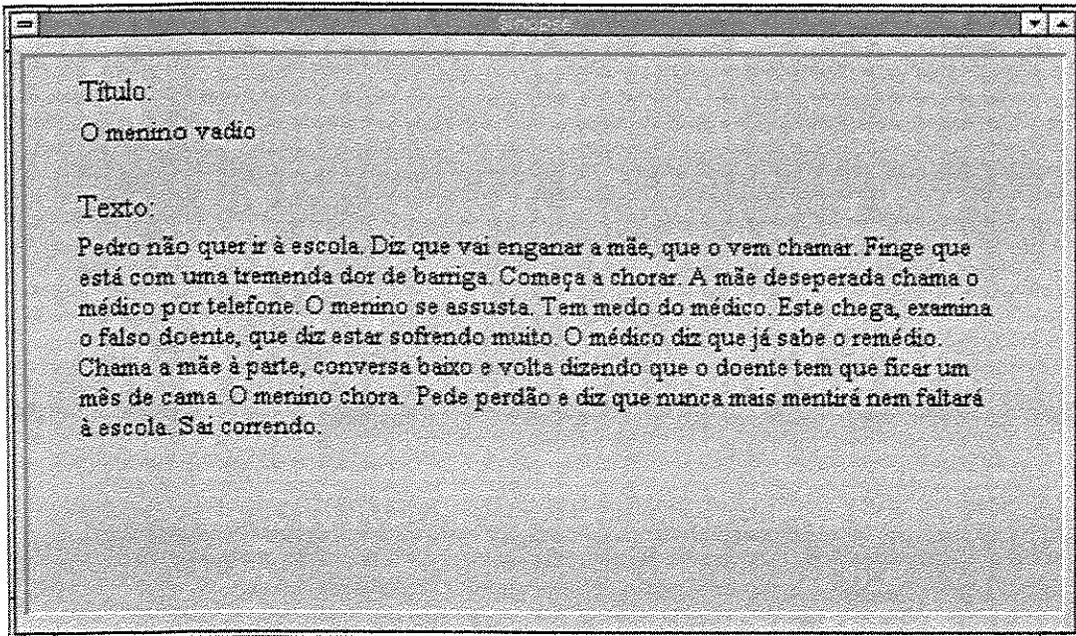
A entidade Editor de Sinopses ou, simplesmente, Sinopses¹

Estando o usuário imerso como um autor, a entidade “Editor de Sinopses” é visível. Este editor permite criar ou alterar a sinopse da peça, composta por um título e um texto. O autor tem a possibilidade de decidir se grava ou não a sinopse criada ou alterada.



¹ A sinopse que usamos nas ilustrações desta subsecção é de Maria Clara Machado e Marta Rosman (Machado e Rosman, 1996, p. 35).

Estando o usuário imerso como um diretor ou um ator, a entidade “Editor de sinopses” não é visível. No seu lugar, a entidade “Sinopse” pode ser vista.



Outras entidades

A entidade “Script” é exatamente igual ao “Script” da primeira versão do TC. Para uma referência a ela veja a subseção “O script” da seção B.2. Esta entidade é visível apenas para o usuário imerso no TC como um diretor. Existem, ainda, além das entidades triviais (palco, escada, bastidores, arquibancadas etc.) as entidades “Biblioteca de Itens de Cenário”, visível apenas para o usuário imerso no TC como um diretor, e “Documentos de Ajuda”, visível a todas entidades em que o usuário pode imergir mas com conteúdo, obviamente, restrito à entidade em que ele está imerso em um dado momento.

Referências bibliográficas

- Aho, A. V., Sethi, R., Ullman, J. D. (1986). *Compilers – Principles, Techniques, and Tolls*. Reading: Addison-Wesley Publishing Company.
- Aleksander, I. (1994). Artificial Consciousness. In: Thalmann, N. M. e Thalmann, D. (eds), *Artificial Life and Virtual Reality*. New York: John Wiley & Sons.
- Andersen, P. B. (1997). *A Theory of Computer Semiotics*. Updated ed. of 1990. New York: Cambridge University Press.
- Andersen, P. B. (1999). Dynamic Semiotics and Hydrodynamics. In: *The 7th International Congress of the International Association for Semiotic Studies*, Dresden, october, 1999.
- Andersen, P. B., Holmqvist, B., Jensen, J. F. (eds) (1993). *Computer as media*. New York: Cambridge University Press.
- Arun, B., Ganguly, A. D. (1999). XML To Be, VRML To See. *CrossRoads – The ACM Student Magazine*, Winter 1999, p. 24-26.
- Baranauskas, M. C. C., Rossler, F., Oliveira, O. L. (1998). Uma Abordagem Semiótica à Análise de Interfaces: um estudo de caso. Em: *Atas do I Workshop sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais – Compreendendo Usuários, Construindo Interfaces*, Maringá, outubro, 1998, p.75-84.
- Barbosa, S. D. J., Souza, C. S. (1999). Making More Sense out of Users' Utterances. Em: *Atas do IHC'99 - II Workshop sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais – Rompendo Barreiras entre Pessoas e Computadores*, Campinas, outubro, 1999, p. 29.
- Bardini, T. (1997). *Bridging the Gulfs: From Hypertext to Cyberspace*. JCMC 3 (2), [on line]. Disponível em: <http://www.ascusc.org/jcmc/vol3/issue2/bardini.html>.
- Bartlett, N., Simkin, S., Stranc, C. (1996). *Cutting-Edge Java Programming*. Scottsdale: Coriolis Group Books.
- Benford, S., Bullock, A., Greenhalgh, C., Ingram, R., Snowdon, D. (1995). Collaborative Virtual Environments: User Interaction and Populated Information Terrains. In: *Proceedings of Imagina '95*, Monte Carlo, February, 1995.

- Bignell, J. (1997). *Media Semiotics – An Introduction*. Manchester: Manchester University Press.
- Blau, B., Hughes, C., Moshell, J. M., Lisle, C. (1992). Networked Virtual Environments. In: *Proceedings of the Symposium on Interactive 3D Graphics*, p. 157-160.
- Boehm, B. (1988). A Spiral Model for Software Development and Enhancement. *Computer*, v. 21, n. 5, p. 61-72.
- Boehm, B., Belz, F. (1989). Experiences with the Spiral Model as a Process Model Generator. In: *Proceedings of the 5th International Software Process Workshop on Experience with Software Process Models*, Kennebunkport, october, 1989, p. 10-13.
- Booch, G. (1991). *Object-Oriented Design*. Redwood: Benjamin Cummings.
- Bowman, D. A. (1999). *Interaction Techniques for Common Tasks in Immersive Virtual Environments - Design, Evaluation and Application*, doctoral dissertation, Georgia Institute of Technology.
- Bricken, M. (1991). Virtual Worlds: No Interface to Design. In: Benedikt, M. (ed), *Cyberspace: first steps*. Cambridge: MIT Press.
- Broll, W. (1997). Populating the Internet: supporting multiple users and shared applications with VRML. In: *Virtual Reality Modeling Language Symposium Proceedings of the Second Symposium on Virtual Reality Modeling Language*, Monterey, February, 1997, p. 24-26.
- Brooks, F. P. (1999). *What's Real about Virtual Reality?* - Keynote Address in 1999 IEEE Virtual Reality, Houston, march, 1999, [on-line]. Disponível em:
<http://church.computer.org/proceedings/vr/0093/0093toc.htm>.
- Bush, V. (1945). As We May Think. *The Atlantic Monthly*, n. 176, p. 202-208. Reeditado por *Interactions*, March, 1996, p. 35-46.
- Cadoz, C. (1997). *Realidade Virtual*. Trad. Paulo Goya. São Paulo: Editora Ática.
- Card, S. K., Moran, T. P., Newell, A. (1983). *The Psychology of Human-Computer Interaction*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.

- Carlin, A. S., Hoffman, H. and Weghorst, S. (1997). Virtual Reality and Tactile Augmentation in the Treatment of Spider Phobia: a case study. *Behavior Research and Therapy*, v. 35, n. 2, p. 153-158.
- Carrol, J. M. (ed.) (1995). *Scenario-Based Design: envisioning work and technology in system development*. New York: John Wiley & Sons.
- Carrol, J. M., Mark R. L., Kellog W. A. (1988). Interface Metaphors and User Interface Design. In: Helander, N. (ed.), *HandBook of Human-Computer*. Amsterdam: North-Holland.
- Carson, J. A., Clark, A. F. (1999). Multicast shared virtual worlds using VRML 97. In: *Proceedings VRML 99 - Fourth Symposium on the Virtual Reality Modeling Language*, Paderborn, February, 1999, p. 133-140.
- Casa Branca, T. (1982). *Teatro para Quem Nunca Fez Teatro*. São Paulo: Edart.
- Cockayne, W., Zyda, M., Barham, P., Brutzman, D., Falby, J. (1999). *The Laboratory for Human Interaction in Virtual Environment* [on-line]. Disponível em: <http://www.npsnet.org>.
- Coelho, L. C. G., Souza, C. S. (1995). *Aspectos Semióticos de uma Interface 3D*. Technical Report MCC25/95 [on line]. Disponível em: <http://peirce.inf.puc-rio.br/cgilua/cgilua.exe/serg.lua?go=publications>.
- Coelho Netto, J. T. (1996). *Semiótica, Informação e Comunicação*. 4ª ed.. São Paulo: Editora Perspectiva.
- Coleman, D., Bodoff, P. A. S., Gilchrist, C. D. H., Jeremaes, F. H. P. (1994). *Object-Oriented Development*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Conklin, J., Begeman, M. L. (1988). gIBIS: a hypertext tool for exploratory policy discussion. *ACM Transactions on Information Systems*, v. 6, n. 4, p. 303-331.
- Conklin, J., Yakemovic, K. C. B. (1991). A Process-Oriented Approach to Design Rationale. *Human-Computer Interaction*, v. 6, n. 3/4, p. 357-391.
- Conner, B. D., Snibbe, S. S., Herndon, K. P., Robbins, D. C., Zeleznik, R. C., Van Dam, A. (1992). Three-dimensional widgets. In: *Proceedings of Symposium on Interactive 3D graphics*, Cambridge, March, 1992, p. 183.

- Cornell, G., Horstmann, C. S. (1998). *Core Java*. Trad. Daniel Vieira. São Paulo: Makron Books.
- Corrington, R. S. (1993). *An Introduction to C. S. Peirce: Philosopher, Semiotician, and Ecstatic Naturalist*. Maryland: Rowman & Littlefield Publishers, Inc..
- Cremer, J., Kearney, J., Papelis, Y. (1995). HCSM: A Framework for Behavior and Scenario Control in Virtual Environments. *ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation*, v. 5, n. 3, p. 242-267.
- Damer, B. (1998). *Avatars! – Exploring and Building Virtual Worlds on the Internet*. Bekerley: Peachpit Press.
- DeMarco, T. (1979). *Structured Analysis and System Specification*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Diaper, D. (1989). Task Observation for Human-Computer Interaction. In: Diaper, D. (ed.), *Task Analysis for Human-Computer Interaction*. Chichester: Ellis Horwood.
- Dix, A. J., Finlay, J. E., Abowd, G. D., Beale, R. (1998). *Human-Computer Interaction*. 2ª ed.. London: Prentice Hall Europe.
- Dreamality (1999). *Dream Glider and Sky Explorer Simulators* [on-line]. Disponível em: <http://www.dreamalitytechnologies.com/title.htm>.
- Draper, S. W., Norman, D. A. (1986). Introduction. In: Norman, D. A., Draper, S. W. (eds), *User Centered System Design – New Perspectives on Human-Computer Interaction*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Dray, S. M. (1998). Structured Observation: practical methods for understanding users and their work context. In: *Proceedings of the CHI 98 Summary Conference on CHI 98 Summary: human factors in computing systems –*, Los Angeles, April, 1998, p. 123-124.
- Easports (1999). *FIFA 2000 Game* [on-line]. Disponível em: <http://www.easports.com>.
- Eco, U. (1976). *Tratado Geral de Semiótica*. Trad. Antônio de Pádua Danesi e Gilson Cardoso de Souza. São Paulo: Editora Perspectiva, 1997.

- Ellis, S. R. (1991). Nature and Origins of Virtual Environments: A Bibliographical Essay. In: Baecker, R. M., Grudin, J., Buxton, W. A. S., Geenberg, S. (eds), *Readings in Human-Computer Interaction – Toward the Year 2000*. 2nd ed., 1995. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, Inc..
- Ellis, S. R., Bergaut, D. R., Wenzel, E. M. (1997). Virtual Environments as Human-Computer Interfaces. In: Helander, M. G., Landauer, T. K., Prabhu, P. V. (eds), *Handbook of Human-Computer Interaction*. 2nd ed., 1997. Amsterdam: North-Holland.
- ElMasri, R., Navathe, S. B. (1989). *Fundamentals of Database Systems*. Redwood: Benjamin Cummings.
- Fakespace (1999). *Fakespace products* [on-line]. Disponível em: <http://www.fakespace.com/products.html>.
- Familant, M. E., Detweiler, M. C. (1993). Iconic Reference: evolving perspectives and an organizing framework. *International Journal of Man-Machine Studies*, v. 39, n. 4, p. 705-728.
- Ferreira, A. B. H. (1999). *Novo Aurélio Século XXI: o dicionário da língua portuguesa*. 3^a ed. revisada e ampliada. Anjos, M., Ferreira, M. B. (Coordenação e edição). Rio de Janeiro: Nova Fronteira.
- Fickas, S., Johnson, L., Karat, J., Potts, C. (1994). Using Scenarios to Elicit User Requirements. In: *Proceedings of the CHI '94 Conference Companion on Human Factors in Computing Systems*, Boston, April, 1994, p. 467-468.
- Françon, J., Lienhardt, P. (1994). Basic Principles of Topology-Based Methods for Simulating Metamorphoses of Natural Objects. In: Thalmann, N. M. e Thalmann, D. (eds), *Artificial Life and Virtual Reality*. New York: John Wiley & Sons.
- Fuchs, H., Bishop, G. (1992). *Research Directions in Virtual Environments*. [on line]. Disponível em: <ftp://ftp.cs.unc.edu/pub/technical-reports/92-027.ps.Z>.
- Funkhouser, T. A., Séquin, C. H. (1993). Adaptive Display Algorithm for Interactive Frame Rates During Visualization of Complex Virtual Environments. In: *Proceedings SIGGRAPH'93 - 20th annual conference on Computer graphics*, Anaheim, August, 1993, p. 247-254.

- Furness, T. A. (1989). *Configuring Virtual Space for the Super Cockpit*. Human Interface Technology Laboratory Technical Report M-89-1 [online]. Disponível em: <http://www.hitl.washington.edu/publications>.
- Gabbard, J., Swartz, K., Richie, K., and Hix, D. (1999). Usability Evaluation Techniques: A novel method for assessing the usability of an immersive medical VE. *Proceedings of VWSIM'99 - Virtual Worlds and Simulation Conference*, San Francisco, 1999, p.165-170.
- Gärtner, J., Hanappi-Egger, E. (1999). Bringing participatory design to practical application: the interrelation between LCD projection, facilitation, and participatory design. *Interactions*, v. 6, n. 2, p. 13-22.
- Genesereth, M. R., Ketchpel, S. P. (1994). Software agents. *Communications of the ACM*, v. 37, n. 7, p. 48-53.
- Gisi, M., Sacchi, C. (1994). CO-CAD: A Collaborative Mechanical CAD System. *Presence*, v. 3, n. 4, p. 341-350.
- Gould, J. D., Lewis, C. (1985). Designing for Usability: key principles and what designers think. *Communications of the ACM*, v. 28 , n. 3 , p. 300-311.
- Gradeck, J. (1994). *The Virtual Reality Programmer's Kit*. New York: John Wiley & Sons, Inc..
- Green, M. (1986). A Survey of Three Dialogue Models. *ACM Transactions on Graphics*, v. 5, n. 3, p. 244-275.
- Guinsburg, J., Coelho Netto, J. T. (1988). *Semiologia do Teatro*. São Paulo: Editora Perspectiva.
- Gustavsson, R. (1999). Agents with power. *Communications of the ACM*, v. 42, n. 3, p. 41-47.
- Haller, R. (1999). Systematic Design of Human-Computer Interfaces as Relational Semiotic Systems. In: Bullinger, H. J., Ziegler, J. (eds), *Human-Computer Interaction – Ergonomics and User Interface*, Vol. 1. London: Lawrence Erlbaum Assotiates Publishers.
- Hartman, J., Wernecke, J. (1996). *The VRML 2.0 Handbook – Building Moving Worlds on the Web*. Reading: Addison-Wesley Publishing Company.

- Hartson, H. R., Siochi, A. C., Hix, D. (1990). The UAN: a User-Oriented Representation for Direct Manipulation Interface Designs. *ACM Transactions on Information Systems*, v. 8, n. 3, p. 181-203.
- Hein, M. (1998). *Virtual Realism*. Oxford: Oxford University Press.
- Herdon, K. P., Meyer, T. (1994). 3D Widgets for Exploratory Scientific Visualization. In: *Proceedings of the ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, Marina Del Rey, November, 1994, p. 69-70.
- Hicinbothom, J., Watanabe, M., Weiland, W., Boardway, J., Zachary, W. (1994). A Toolset for Systematic Observation and Evaluation of Computer-Human Interaction. In: *Proceedings of the CHI '94 Conference Companion on Human Factors in Computing Systems*, Boston, April, 1994, p. 5-6.
- Hix, D., Hartson, H. R. (1993). *Developing User Interfaces*. New York: John Wiley & Sons.
- Hix, D., Swan, E., Gabbard, J., McGee, M., Durbin, J., King, T. (1999). User-Centered Design and Evaluation of a Real-Time Battlefield Visualization Virtual Environment. In: *Proceedings of IEEE Virtual Reality '99*, Houston, March, 1999. p. 96-103.
- Hjelmslev, L. (1943). *Prolégomènes a Une Théorie du Langage*. Trad. Una Canger (Omkring Sprogteoriens Grundlæggelse. Copenhagen: Universität Copenhagen, 1943. Imprimé en France pour Akademisk Forlag, 1968). Paris: Les  ditions de Minuit.
- Hjelmslev, L. (1948). Ling stica Estrutural. In: Hjelmslev, L. (Cole o de artigos, 1991). *Ensaio Ling sticos*. Trad. Ant nio de Pádua Danesi (Essais Linguistiques. Paris: Les  ditions de Minuit, 1971). São Paulo: Editora Perspectiva.
- Hjelmslev, L. (1954). A Estratifica o da Linguagem. In: Hjelmslev, L. (Cole o de artigos, 1991). *Ensaio Ling sticos*. Trad. Ant nio de Pádua Danesi (Essais Linguistiques. Paris: Les  ditions de Minuit, 1971). São Paulo: Editora Perspectiva.
- Hoare, C. A. R.. (1985). *Communicating Sequential Processes*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.

- Hoffman, H. (1999). Virtual Reality: A new tool for interdisciplinary Psychology research. *CyberPsychology & Behavior*, v. 1, n. 2, p. 195-200.
- Hoffmeyer, J. (1996). *Sings of Meaning in Universe*. Trad. Barbara J. Haveland (En Snegl På Vejen: Betydningens Naturhistorie, 1993). Bloomington: Indiana University Press.
- Holtzman, S. R. (1994). *Digital Mantras – The Languages of Abstract and Virtual Worlds*. Cambridge: The MIT Press.
- Hopcroft, J. E., Ullman, J. D. (1979). *Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation*. Reading: Addison-Wesley.
- Hutchins, E. L., Hollan, J. D., Norman, D. A. (1986). Direct Manipulation Interfaces. In: Norman, D. A., Draper, S. W. (eds), *User Centered System Design - new perspectives on Human-Computer interaction*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Jackson, M. A. (1975). *Principles of Program Design*. Boston: Academic Press.
- Jacobson, I., Booch, G., Rumbaugh, J. (1999). *Unified Software Development Process*. New York: Addison-Wesley.
- Jarke, M. (1999). Scenarios for Modeling. *Communications of the ACM*, v. 42, n. 1, p. 47-48.
- Jennings, D. (1993). Practising Participative Design in a Medium-sized Organisation. In: *Proceedings of the HCI '93 Conference*, Loughborough, September, 1993 – Também [on line]. Disponível em: <http://www.djassociates.com/dja/offered/resource/practis.html>.
- Johnson, P., Johnson, H., Wilson, S.. (1995). Rapid Prototyping of User Interfaces Driven by Task Models. In: Carrol, T. (ed), *Scenario-Based Design: envisioning work and technology in system development*. New York: John Wiley & Sons.
- Jorna, R., van Heusden, B. (1996). Semiotics of the User Interface. *Semiotica*, v. 109, n. 3/4, p. 237-250.
- Kallmann, M., Thalmann, D. (1999). Direct 3D Interaction with Smart Objects. In: *Proceedings of the ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, London, December, 1999, p. 124-130.

- Kapor, M. (1996). A Software Design Manifesto. In: Winograd, T. (ed.), *Bringing Design to Software*. New York: Addison-Wesley Publishing Company.
- Kaptelinin, V. (1996). Activity Theory: Implications for Human-Computer Interaction. In: Nardi, B. A. (ed.), *Context and Consciousness – Activity Theory and Human-Computer Interaction*. Cambridge: The MIT Press.
- Kautz, H. A., Selman, B., Coen, M. (1994). Bottom-up design of software agents. *Communications of the ACM*, v. 37, n. 7, p. 143-146.
- Kelly, B. (1997). Protozoa's VRML skits. In: *Proceedings of SIGGRAPH'97 - The art and Interdisciplinary Programs of SIGGRAPH '97 on SIGGRAPH '97?*, Los Angeles, August, 1997, p. 286.
- Kennedy. (1995). Using Video in BNR Usability Lab. In: Baecker, R. M., Grudin, J., Buxton, W. A. S., Geenberg, S. (eds), *Readings in Human-Computer Interaction – Toward the Year 2000*. 2nd ed., 1995. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, Inc..
- Kessler, D. (1999). A Framework for Interactors in Immersive Virtual Environments. In: *Proceedings of the IEEE Virtual Reality'99*, Houston, March, 1999. p. 190-197.
- Kolli, R. (1993). Using Video Scenarios to Present Consumer Product Interfaces. In: *Proceedings of the INTERACT '93 and CHI '93 Conference Companion on Human factors in Computing Systems*, Amsterdam, April, 1993, p. 61-62.
- Laurel, B. (1986). Interface as Mimeis. In: Norman, D. A., Draper, S. W. (eds), *User Centered System Design – new perspectives on Human-Computer interaction*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Laurel, B. (1993). *Computers as Teatre*. Reading: Addison-Wesley Publishing Company.
- Laurel, B. K., Mountford, J. (1990). Introduction. In: Laurel, B. K. (ed.), *The art of Human-Computer Interface Design*. Reading: Addison-Wesley Publishing Company.
- Lee, K., Sul, C., Wohn, K. (1997). Virtual Stage: A Senario-Based Karaoke System in Virtual Environment. In: *Proceedings of the Pacific Graphics'97 - 5th Pacific Conference on Computer Graphics and Applications*, Seoul, october, 1997.

- Leite, J. C., Souza, C. S. (1999). Uma Linguagem de Especificação para a Engenharia Semiótica de Interfaces de Usuário. Em: *Atas do IHC'99 - II Workshop sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais – Rompendo Barreiras entre Pessoas e Computadores*, Campinas, outubro, 1999, p. 23.
- Lemay, L., Murdock, K., Couch, J. (1996). *3D Graphics and VRML 2*. Indianapolis: Sans.net Publishing.
- Lévy, P (1995). *As Tecnologias da Inteligência*. Trad. Carlos Irineu da Costa. São Paulo: Editora 34.
- Lévy, P (1996). *O que é o Virtual*. Trad. Paulo Neves. São Paulo: Editora 34.
- Lewis, C., Rieman, J. (1995). Getting to Know Users and Their Tasks. In: Baecker, R. M., Grudin, J., Buxton, W. A. S., Geenberg, S. (eds), *Readings in Human-Computer Interaction – Toward the Year 2000*. 2nd ed., 1995. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, Inc..
- Lin, R. (1999). Cultural Differences in Icon Recognition. In: Bullinger, H. J., Ziegler, J. (eds), *Human-Computer Interaction – Ergonomics and User Interface*, Vol. 1. London: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Lindeman, R. W., Sibert, J. L., Hahn, J. K. (1999). Towards Usable VR: an empirical study of user interfaces for immersive virtual environments. In: *Proceeding of the CHI 99 Conference on Human Factors in Computing Systems - the CHI is the limit*, Pittsburgh, May, 1999, p. 64-71.
- Liszka, J. J. (1996). *A General Introduction to the Semiotic of Charles Sanders Peirce*. Bloomington and Indianapolis: Indiana University Press.
- Logitech (1999). *Logitech products* [on-line]. Disponível em: <http://www.logitech.com/us/index.html>.
- Lomet, D. B. (1973). A Formalization of Transition Network Systems . *Journal of the ACM*, v. 20, n. 2, p. 235-257.
- Lusted, H. S., Knapp, R. B. (1996). Controlling Computers With Neural Signals. Disponível em: *Scientific American Site*: <http://www.sciam.com/1096issue/1096lusted.html>.

- Luttermann, H., Grauer, M. (1999). VRML history: storing and browsing temporal 3D-worlds. In: *Proceedings VRML 99 - Fourth Symposium on the Virtual Reality Modeling Language*, Paderborn, February, 1999, p. 153-160.
- Machado, M. C., Rosman, M. (1996). *100 Jogos Dramáticos*. Rio de Janeiro: Agir.
- Magaldi, S. (1986). *Iniciação ao Teatro*. São Paulo: Editora Ática.
- Mahony, B., Dong, J. S. (1998). Blending Object-Z and Timed CSP: An Introduction to TCOZ. In: *Proceedings of the 20th International Conference on Software Engineering*, Kyoto, April, 1998, p.95-104.
- Mange, D., Stauffer, A. (1994). Introduction to Embryonics: Towards Self-Repairing and Self-reproduction Hardware Based on Biological-like Properties. In: Thalmann, N. M. e Thalmann, D. (eds), *Artificial Life and Virtual Reality*. New York: John Wiley & Sons.
- Marcus, A. (1992). *Graphic Design for Eletronic Documents and User Interfaces*. New York: ACM Press.
- Marinelli, D., Stevens, S. (1998). Synthetic Interviews: the art of creating a dyad between humans and machine-based characters;. In: *Proceedings of the sixth ACM International Multimedia Conference on Technologies for Interactive Movies*, Bristol, September, 1998, p. 11-16.
- Martin, J., Odell, J. J. (1996). *Análise e Projeto Orientados a Objeto*. Trad. José Carlos Barbosa dos Santos. São Paulo: Makron Books do Brasil Editora.
- Martins, I. H., Souza, C. S. (1998). Uma Abordagem Semiótica na Utilização dos Recursos Visuais em Linguagens de Interface. Em: *Atas do I Workshop sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais – Compreendendo Usuários, Construindo Interfaces*, Maringá, outubro, 1998, p. 38-47.
- Mazuryk, T., Gervautz, M. (1996). *Virtual Reality – History, Applications, Technology and Future* [on-line]. Disponível em: <http://www.cg.tuwien.ac.at>.
- McCarthy, M., Descartes, A. (1998). *Reality Architecture – Building 3D Worlds with Java and VRML*. London: Prentice Hall Europe.

- Metz, C. (1991). *Film Language – A Semiotics of the Cinema*. Trad. Michael Taylor (Essais Sur la Signification au Cinéma. Paris: Editions Klincksieck, 1968). Chicago: The University of Chicago Press.
- Microprose (1996). *Manual do Usuário do Grand Prix II – World Circuit Racing*.
- Microprose (1999). *Grand Prix II and Civilisation Games* [on-line]. Disponível em:
<http://www.hasbrointeractive.com/microprose/index.cfm>.
- Mine, M. (1995). *Virtual Environment Interaction Techniques*. Technical Report TR95-018. UNC Chapel Hill Computer Science Technical Report TR95-018 [on-line]. Disponível em
<http://www.cs.unc.edu/Research/tech-report.html>.
- Mine, M. R. (1997). *Exploiting Proprioception in Virtual-Environment Interaction*, doctoral dissertation, Department of Computer Science – University of North Carolina at Chapel Hill.
- Muller, M. J., Kuhn, S. (1993). Participatory design. *Communications of the ACM*, v. 36, n. 6, p. 24-28.
- Nadin, M. (1988). Interface Design. *Semiotica*, v. 69, n. 3/4, p. 269-302.
- Nadin, M. (1988 a). Interface design and evaluation. In: Hartson, R., Hix, D. (eds). *Advances in Human-Computer Interaction*, vol. 2. Norwood: Ablex Publishing Corp..
- Neufert, E. (1981). *A Arte de Projetar em Arquitetura*. 7ª ed.. São Paulo: Gustavo Gili.
- Newquist, H. P. (1995). *Virtual Reality*. New York: Scholastic Inc..
- Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. Boston: AP Professional.
- Nielsen, J. (1993 a). Noncommand User Interfaces. *Communications of the ACM*, v. 36, n. 4, p. 83-99.
- Nielsen, J. (1994). Heuristic Evaluation. In: Nielsen, J., Mack, R. L. (eds), *Usability Inspection Methods*. New York: John Wiley & Sons.

- Nielsen, J. (1995). Scenarios in Discount Engineering. In: Carrol, T. (ed), *Scenario-Based Design: envisioning work and technology in system development*. New York: John Wiley & Sons.
- Nielsen, J., Molich, R. (1990). Improving a Human-Computer Dialogue. *Communications of the ACM*, v. 33, n. 3, p. 338-348.
- Norman, D. A. (1986). Cognitive Engineering. In: Norman, D. A., Draper, S. W. (eds), *User Centered System Design - new perspectives on Human-Computer interaction*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Norman, D. A. (1994). How might people interact with agents. *Communications of the ACM*, v. 37, n. 7, p. 68-71.
- Oliveira, O. L., Baranauskas, M. C. C. (1998 a). *Interface Understood as Communicating Entities – a Semiotic perspective*. Technical Report IC-98-42 [on line]. Disponível em: <http://www.dcc.unicamp.br>.
- Oliveira, O. L., Baranauskas, M. C. C. (1998 b). Análise Glossemática da Estrutura das Linguagens de Interface Humano-Computador. Em: *Atas do IHC'98 - I Workshop sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais – Compreendendo Usuários, Construindo Interfaces*, Maringá, outubro, 1998, p.28-37.
- Oliveira, O. L., Baranauskas, M. C. C. (1998 c). *A Semiótica e o Design de Software*. Technical Report IC-98-09 [on line]. Disponível em: <http://www.dcc.unicamp.br>.
- Oliveira, O. L., Baranauskas, M. C. C. (1998 d). *Semiotic Proposals for Software Design: Problems and Prospects*. Technical Report IC-98-10 [on line]. Disponível em: <http://www.dcc.unicamp.br>.
- Oliveira, O. L., Baranauskas, M. C. C. (1999 a). Communicating Entities: a Semiotic-Based Methodology for Interface Design. In: Bullinger, H. J., Ziegler, J. (eds), *Human-Computer Interaction – Ergonomics and User Interface*, Vol. 1. London: Lawrence Erlbaum Assotiates Publishers.
- Oliveira, O. L., Baranauskas, M. C. C. (1999 b). The Theatre Through the Computer: a virtual space to be inhabited. In: *Proceedings of the CAL'99 – Virtuality in Education – What are the future educational contexts?*, London, March, 1999, p. 77.
- Oliveira, O. L., Baranauskas, M. C. C. (1999 c). Semiotics as a Basis for Educational Software Design. In: *Proceedings of the PEG'99 –*

- Intelligent Computer and Communications Technology – Teaching & Learning for 21st Century*, Exeter, July, 1999, p. 326-335.
- Oliveira, O. L., Baranauskas, M. C. C. (1999 d). Interface Entendida como um Espaço de Comunicação. Em: *Atas do IHC'99 - II Workshop sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais – Rompendo Barreiras entre Pessoas e Computadores*, Campinas, outubro, 1999, p. 13.
- Oliveira, O. L., Baranauskas, M. C. C. (2000 a). The Theatre Through the Computer. *Computers & Education*, v. 34 , n. 3-4 , p. 321-325.
- Oliveira, O. L., Baranauskas, M. C. C. (2000 b). Semiotics as a Basis for Educational Software Design. *British Journal of Educational Technology*, v. 31, n. 2, p. 153-161.
- Oviatt, S. (1999). Ten Myths of Multimodal Interaction. *Communications of the ACM*, v. 42, n. 11, p. 74-81.
- Peirce, C. S. (1974). *Collected Papers of Charles Sanders Peirce*. Vols. 1-6: Charles Hartshorne e Paul Weiss (ed.). Vol I: Principles of Philosophy; Vol. II: Elements of Logic; Vol. III: Exact Logic; Vol. IV: The Simplest Mathematics; Vol. V: Pragmatism and Pragmaticism; Vol VI: Scientific Metaphysics. Third Printing. Cambridge: Harvard University Press, 1974.
- Perry, L. D. S., Smith, C. M., Yang, S. (1997). An Investigation of Current Virtual Reality Interfaces. *Crossroads*, v. 3, n. 3, p. 23-28.
- Pimentel, K., Teixeira, K. (1993). *Virtual Reality: through the new looking glass*. New York: McGraw-Hill.
- Polhemus (1999). *Polhemus 3Space Products* [on-line]. Disponível em: <http://www.polhemus.com/ourprod.htm>.
- Potts, C. (1995). Using schematic scenarios to understand user needs. In: *Proceedings of Conference on Designing Interactive Systems: processes, practices, methods, & techniques*, Ann Arbor, August, 1995, p. 247-256.
- Prado, A. B., Baranauskas, M. C. C. (1999). Projeto Granel – Investigando possibilidades da abordagem semiótica em design de interfaces. Em: *Atas do IHC'99 - II Workshop sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais – Rompendo Barreiras entre Pessoas e Computadores*, Campinas, outubro, 1999, p. 17.

- Prates, R. O., Souza, C. S. (1999). Um modelo de Apoio à Expressão de Projetistas de Interfaces Multiusuário. Em: *Atas do IHC'99 - II Workshop sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais – Rompendo Barreiras entre Pessoas e Computadores*, Campinas, outubro, 1999, p. 21.
- Preece, J., Rogers, Y., Sharp, H., David, B., Holland, S., Carey, T.. (1994). *Human-Computer Interaction*. Reading: Addison-Wesley Publishing Company.
- Pyramid (1999). *Pyramid Systems products* [on-line]. Disponível em: <http://www.pyramidsystems.com>.
- Reynolds, C. (1998). As We May Communicate. *SIGCHI Bulletin*, v. 30, n. 3, p. 40-44.
- Rheinfrank, J., Evenson, S. (1996). Design Languages. In: *Bringing Design to Software*. Winograd, T. (ed.). New York: Addison-Wesley Publishing Company.
- Rosson, M. B., Carrol, J. M. (1996). Object-oriented design from user scenarios. In: *Proceedings of the CHI '96 conference companion on Human factors in computing systems: common ground*, Vancouver, April, 1996, p. 342-343.
- Rumbaugh, J., Blaha, M., Premerlani, W., Eddy, F., Lorenzen, W. (1991). *Object-Oriented Modeling and Design*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Santaella, L. (1995). *A Teoria Geral dos Signos – Semiose e Autogeração*. São Paulo: Editora Ática.
- Santaella, L. (1996). *O que é Semiótica*. 12.ed.. São Paulo: Editora Brasiliense.
- Schapiro, M. (1996). *Words, Script and Pictures: Semiotics of Visual Language*. New York: George Braziller, inc..
- Schmucker, K. J. (1996). Rapid prototyping using visual programming tools. In: *Proceedings of the CHI '96 conference companion on Human factors in computing systems: common ground*, Vancouver, April, 1996, p. 359.
- Schrage, M. (1996). Cultures of Prototyping. In: Winograd, T. (ed.), *Bringing Design to Software*. New York: Addison-Wesley Publishing Company.

- Sebeok, T. A. (1994). *Signs – An Introduction to Semiotics*. Toronto: University of Toronto Press Incorporated.
- Sebesta, R. W. (1996). *Concepts of Programming Languages*. 3rd edition. Reading: Addison-Wesley Publishing Company.
- Sgi (1999). Digital Prototyping Manufacturing [on-line]. Disponível em: <http://www.sgi.com/manufacturing/digpro/index.html>.
- Singh, G., Serra, L. (1994). Shared Objects in Private Workspace: Cooperative Work in Virtual Worlds. In: Thalmann, N. M. e Thalmann, D. (eds), *Artificial Life and Virtual Reality*. New York: John Wiley & Sons.
- Snowdon, D., West, T., Howard, T. (1993). Towards the next Generation of Human-Computer Interface. In: *Proceedings of Informatique '93*, p. 399-408, 1993.
- Souza, C. S. (1993). The Semiotic Engineering of User Interface Languages. *International Journal of Man-Machine Studies*, v. 39, p. 753-773.
- Souza, C. S., Prates, R. O., Barbosa, S. D. J. (1999). A Method for Evaluating Software Communicability. Em: *Atas do IHC'99 - II Workshop sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais – Rompendo Barreiras entre Pessoas e Computadores*, Campinas, outubro, 1999, p. 31.
- Souza, C. S., Prates, R. O., Varejão, F. M. (1997). Multimodal Communication between Software Designers and Software Users. *Proceedings of the WOMH'97 - III Workshop on Multimedia, Hypermedia and Human-Computer Interaction*. São Carlos, maio, 1997.
- SSCSD (1999). *Robotics at Space and Naval Warfare Systems Center, San Diego* [on-line]. Disponível em: <http://www.nosc.mil/robots>.
- State, A., Chen, D.T., Tector, C., Brandt, A., Chen, H., Ohbuchi, R., Bajura, M., Fuchs, H. (1994). Case Study: Observing a Volume-Rendered Fetus within a Pregnant Patient. In: *Proceedings of IEEE Visualization '94*, october, 1994, p. 364-368.
- Stereographics (1999). *StereoGraphics Stereo3D visualization products* [on-line]. Disponível em: <http://www.stereographics.com>.

- Stewart, C. J., Stewart, C. (1978). *Interviewing Principles and Practices*. Dubuque: William Brown.
- Stuart, R. (1996). *The Design of Virtual Environments*. New York: McGraw-Hill.
- Sutherland, I. (1965). The Ultimate Display. In: *Proceedings of IFIP'65*, p. 506-508.
- Taylor, R. M., Robinett, W., Chi, V. L., Brooks, F. P., Wright, W. V., Williams, R. S., Snyder, E. J. (1993): The Nanomanipulator: A Virtual Reality Interface for a Scanning Tunneling Microscope. In: *Proceedings of the 20th Annual Conference on Computer Graphics.*, Anaheim, August 1993, p. 127-134.
- Thalmann, N. M., Thalmann, D. (1994). Introduction: Creating Artificial Life in Virtual Reality. In: Thalmann, N. M. e Thalmann, D. (eds), *Artificial Life and Virtual Reality*. New York: John Wiley & Sons.
- Tidwell, M., Johonston, R. S., Melville, D., Furness III, T. A. (1995). The Virtual Display – A Retinal Scanning Imaging System. In: *Proceedings of the Virtual Reality World'95*, Stutgard, 1995, p. 325-333.
- Tittel, E., Scott, C., Wolf, P., Sanders, C. (1997). *Buildings VRML Worlds*. New York: McGraw-Hill.
- Tognazzini B. (1992). *Tog on Interface*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Tscheligi, M., Houde, S., Kolli, R., Marcus, A., Muller, M., Mullet, K. (1995). Creative prototyping tools: what interaction designers really need to produce advanced user interface concepts. In: *Proceedings of the Conference on Human Factors and Computing Systems*, Denver, May, 1995, p. 170-171.
- Vince, J. (1998). *Essential Virtual Reality*. London: Springer-Verlag.
- Virtual Research (1999). Head Mounted Displays [on-line]. Disponível em: <http://www.virtualresearch.com>.
- Virtual Technologies (1999). *CyberGlove* [on-line]. Disponível em: http://www.virtex.com/products/hw_products/cyberglove.html.
- Virtuum (1999). *The Virtuum - Art* [on-line]. Disponível em: <http://home.t-online.de/home/kiwano4/art.htm>.

- von Schweber, L., von Schweber E. (1995). Virtually Here. *PC Magazine*, v. 14, n. 5, p. 168-198.
- Walker, J. (1990). Through the Looking Glass. In: Laurel, B. K. (ed.), *The art of Human-Computer Interface Design*. Reading: Addison-Wesley Publishing Company.
- Ware, C., Arthur, K., Booth, K. S. (1993). Fishtank Virtual Reality. In: *Proceedings of the INTERCHI'93 Conference*, New York, p. 37-42.
- Wickens, C. D., Baker, P. (1965). Cognitive Issues in Virtual Reality. In: Barfield, W., Furness III, T. A. (eds), *Virtual Environments and Advanced Interface Design*. New York: Oxford University Press.
- Winn, W., Hoffman, H., Osberg, K. (1997). Semiotics and the Design of Objects, Actions and Interactions in Virtual Environments. *Journal of Structural Learning*. [Também on-Line]. Disponível em: <http://www.hitl.washington.edu/research>.
- Winograd, T. (1995). From Programming Environments to Environments for Designing. *Communications of The ACM*, v. 38, n. 6, p. 65-74.
- Winograd, T. (1996). Introduction. In: Winograd, T. (ed), *Bringing Design to Software*. New York: Addison-Wesley Publishing Company.
- Wloka, M. M., Greenfield, E. (1995). The virtual Tricorder: a uniform interface for virtual reality. In: *Proceedings of the 8th ACM symposium on User Interface and Software Technology*, Pittsburgh, November, 1995, p. 39-40.
- Wood, L. E. (1997). Semi-Structured Interviewing for User-Centered Design. *Interactions*, v. 4, n. 2, p. 48-61.
- Zeltzer, D. (1992). Autonomy, Interaction, Presence. *Presence*, v. 1, n. 1, p. 127-132.
- Zyda, M., Macedonia, M. (1994). Special Issue on Networked Virtual Environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, v. 3, n. 4, [Também on-line]. Disponível em: <http://www-mitpress.mit.edu/jrnls-catalog/presence-abstracts/presence3-4.html>.