

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**

**FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA - FEE**  
**DEPARTAMENTO de ELETRÔNICA e**  
**MICROELETRÔNICA - DEMIC**

Este exemplar corresponde a redação final da tese  
defendida por \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ e aprovada pela Comissão  
Ju gadora em \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_.  
  
Orientador

**Título do Trabalho: CONSTRUÇÃO DE UM TRAÇADOR  
GRÁFICO PARA FINS EDUCACIONAIS**

**Autor: João Vilhete** [Viegas D'Abreu  $\pi$  / 671

**Banca Examinadora:**

**Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. José Armando** [Valente  $\pi$

**Membro: Prof<sup>o</sup>. Dr. Oséas Valente de Avilez Filho**

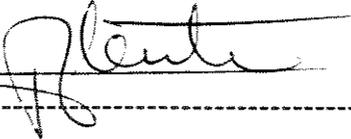
**Membro: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Afira Viana Ripper**

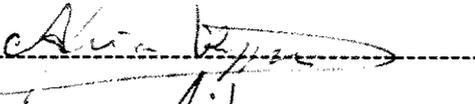
**Suplente: Prof<sup>o</sup>. Dr. Alberto Martins Jorge**

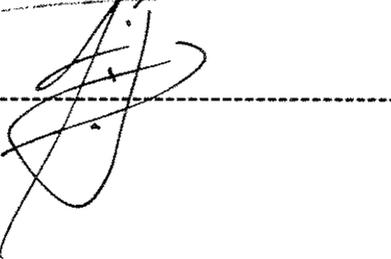
Outubro de 1994

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica.

**Banca Examinadora**

  
-----

  
-----

  
-----

Para:

Frederico e Hugo,

meus filhos.

Aos membros do NIED, aos professores da Engenharia Elétrica, aos alunos de iniciação científica/tecnológica e a todas as demais pessoas que, direta ou indiretamente, colaboraram na realização deste trabalho,

Meu muito obrigado.

## RESUMO

Esta dissertação descreve a construção e a avaliação de um Traçador Gráfico Educacional, desenvolvido para ser utilizado num ambiente de aprendizagem baseado no computador. Supõe-se aqui um contexto de atualização da escola, no sentido de inserir o computador na educação. O traçador em questão foi implementado para ser interfaceado com microcomputadores da linha MSX, usando a linguagem Logo de programação. Após ser construído, o traçador foi implantado e avaliado numa escola pública de 1º e 2º graus, onde está sendo desenvolvido um projeto de investigação de uso do computador, como ferramenta educacional.

Durante o período de avaliação do traçador na escola, professores e alunos utilizaram-no, para reproduzir figuras (modo tradicional de uso do plotter) e também para realizar outras atividades com fundo pedagógico como, por exemplo, medir ângulos no papel da figura da tela e desenhar mapas. Além disso, durante este período, os alunos sugeriram a implementação de novos comandos Logo para o traçador e propuseram também a sua utilização para criar estamparias em tecidos. Isso demonstra que a inserção do traçador na escola poderá propiciar um ambiente de aprendizagem rico e criativo.

A utilização do traçador por alunos e professores, comprovou a sua eficácia do ponto de vista educacional e da performance técnica. O traçador foi bem aceito e teve um bom desempenho, no que se refere ao circuito eletrônico, à estrutura mecânica e aos comandos implementados para controlá-lo através do microcomputador.

## ABSTRACT

This dissertation describes the construction and the evaluation of a Educational Graphic Plotter, that was developed to be used in an educational environment based upon the computer. This project has been developed in the context of modernizing the school, in the sense of introducing the computer in education. The plotter in question was designed to be interfaced with a MSX microcomputers using Logo as a programming language. After being constructed, the plotter was used and evaluated in an elementary school, where an investigative project about the use of computer as an education tool is being developed.

During the evaluation period of the plotter in the school, teachers and students used it, to reproduce figures (traditional use of plotter) and also to carry out other pedagogical activities, as, for example, the measuring of angles on paper from screen figures, and the drawing of maps. On addition, during this period, the students suggested the use of new Logo commands for the plotter and, also proposed, its utilization to paint clothes. This shows that the insertion of the plotter in the school may provide a rich and creative learning environment.

When teachers and students used the plotter it was possible to confirm its effectiveness from the educational point of view and from the point of view of its technical performance. The results of this confirmation were very good in that the plotter was well accepted and it had a good performance, in its electronical circuit, mechanical structure and the implemented commands to control it through microcomputers.

# Índice

<b>I. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
I.1 A Educação no Contexto Histórico.....	3
I.2 A Tecnologia no Contexto Histórico.....	6
I.3 Educação vs Tecnologia .....	8
I.4 Computador na Educação.....	11
I.4.1 Ensino através da informática .....	13
I.4.1.1 Informatização do ensino.....	13
I.4.1.2 Criação de ambientes ou ferramentas de aprendizagem .....	14
I.4.1.3 Traçador gráfico na escola.....	16
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>18</b>
1. O AMBIENTE LOGO.....	18
1.1 Logo e Tartaruga de Tela.....	20
1.2 Enriquecimento do Logo do Ponto de Vista de Dispositivos.....	22
1.2.1 LEGO-Logo .....	22
1.2.2 Tartaruga Mecânica Mais Precisa.....	23
1.3 Enriquecimento do Logo do Ponto de Vista de Comandos .....	24
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>26</b>
2. TRAÇADOR GRÁFICO PROFISSIONAL E TRAÇADOR GRÁFICO EDUCACIONAL.....	26
2.1 Traçador Gráfico (Plotter).....	26
2.1.1 Tipos de traçadores gráficos .....	27
2.1.2 Traçador tipo tambor.....	27
2.1.3 Traçador tipo XY .....	28
2.2 Breve Histórico do Traçador Gráfico Profissional .....	28

2.3 Traçador Gráfico Profissional.....	29
2.3.1 Performance do traçador gráfico profissional .....	30
2.3.2 Fabricantes de traçador gráfico profissional.....	30
2.4 Traçador Gráfico Educacional.....	32
2.4.1 A performance e o custo do dispositivo .....	32
2.4.2 O ganho pedagógico.....	33
2.5 Breve Histórico Sobre a Impressora.....	36
2.6 Diferença entre o Traçador e a Impressora .....	38
2.6.1 Vantagens e desvantagens do traçador.....	39
2.6.2 Vantagens e desvantagens da impressora .....	40
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>41</b>
<b>3. OBJETIVO E METODOLOGIA .....</b>	<b>42</b>
3.1 Objetivo Geral .....	41
3.1.1 Objetivo específico .....	42
3.1.1.1 Implementação do hardware.....	42
3.1.1.2 Implementação do projeto mecânico.....	42
3.1.1.3 Implementação do software.....	43
3.1.1.4 Testes de avaliação e desempenho de bancada.....	43
3.1.1.5 Utilização do traçador na escola .....	43
3.2 Metodologia .....	43
3.2.1 Desenvolvimento do hardware.....	44
3.2.2 Desenvolvimento do projeto mecânico.....	44
3.2.3 Desenvolvimento do software.....	44
3.2.4 Teste de avaliação e de desempenho de bancada .....	45
3.2.5 Utilização do traçador na escola .....	45

<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>46</b>
4. DESCRIÇÃO DO TRAÇADOR GRÁFICO EDUCACIONAL.....	46
4.1 Interface Eletrônica.....	46
4.1.1 Aspecto externo da interface.....	46
4.1.2 Aspecto interno da interface .....	48
4.1.2.1 Na parte frontal .....	49
4.1.2.2 Na parte superior.....	49
4.1.2.3 Na parte lateral direita .....	50
4.1.2.4 Na parte posterior.....	50
4.1.2.5 Na parte lateral esquerda .....	51
4.1.2.6 Na parte inferior .....	52
4.2 Estrutura Mecânica.....	52
4.3 Software para Controle do Traçador Gráfico Educacional.....	56
4.4 Custo do Traçador Gráfico Educacional.....	56
<b>CAPÍTULO V</b> .....	<b>58</b>
5. DETALHES DE IMPLEMENTAÇÃO E VERIFICAÇÃO DE BANCADA DO TRAÇADOR GRÁFICO EDUCACIONAL.....	58
5.1 Implementação da Interface de Comunicação.....	58
5.1.1 Circuito para controle do motor de passo.....	59
5.1.1.1 Construção da tabela de estado para o sentido horário .....	61
5.1.1.2 Mapas de Karnaugh para o sentido horário.....	62
5.1.1.3 Construção da tabela de estado para o sentido anti-horário .....	63
5.1.1.4 Mapas de Karnaugh para o sentido anti- horário.....	64
5.1.2 Projeto do drive.....	69

5.1.3	Circuito para controle do estado da interface .....	71
5.1.4	Circuito para posicionamento da caneta no modo local.....	72
a)	Lógica de Direção .....	74
b)	Lógica de Pulso.....	74
5.1.5	Circuito para controle de solenóide.....	75
5.1.6	Circuito para controle do fim de curso da régua .....	76
5.1.7	Fonte de alimentação .....	77
5.2	Implementação do Sistema Mecânico do Traçador.....	78
5.2.1	Estrutura tracionada por cabos .....	79
5.2.2	Estrutura mista: cabos e aço inox.....	81
5.2.3	Estrutura mista: correia dentada e calha .....	82
5.2.4	Estrutura baseada em correia dentada e eixos.....	83
5.3	Desenvolvimento do Software de Controle do Traçador.....	85
5.3.1	Comunicação microcomputador/traçador.....	85
5.3.1.1	Software básico .....	86
5.3.1.2	Implementação do algoritmo .....	86
5.3.2	Implementação dos sinais de controle .....	87
5.3.3	Controle concomitante da Tartaruga de Tela e caneta .....	88
5.3.3.1	Linguagem de comunicação.....	88
5.3.3.2	Comandos especiais.....	91
	<i>COMTRAÇADOR</i> .....	92
	<i>MUDEESCALA</i> .....	92
	<i>QUALESCALA</i> .....	93
	<i>SEMTRAÇADOR</i> .....	93

**CAPÍTULO VI..... 95**

**6. VERIFICAÇÃO DO USO DO TRAÇADOR GRÁFICO**

**EDUCACIONAL NA ESCOLA - Resultados Obtidos: ..... 95**

6.1 Justificativa da Verificação..... 95

6.2 Metodologia da Verificação ..... 95

6.3 Hipóteses da Verificação..... 98

6.3.1 Hipóteses relativas à aplicabilidade educacional ..... 99

6.3.1.1 Interesse em usar o traçador ..... 99

Justificativa..... 99

O que foi observado..... 99

6.3.1.2 Facilidade de medida ..... 100

Justificativa..... 100

O que foi observado..... 100

6.3.1.3 Integração de "mídias"..... 101

Justificativa..... 101

O que foi observado..... 102

6.3.1.4 Estudo de funções matemáticas ..... 102

Justificativa..... 102

O que foi observado..... 103

6.3.2 Hipóteses relativas à performance do traçador ..... 103

6.3.2.1 Robustez ..... 104

Justificativa..... 104

O que foi observado..... 104

6.3.2.2 Facilidade de manuseio ..... 105

Justificativa..... 105

O que foi observado..... 105

6.3.2.3 Facilidade de controle via microcomputador..... 106

Justificativa.....	106
O que foi observado.....	106
6.4 Discussão Geral.....	107
6.4.1 Aspecto educacional.....	107
6.4.2 Desempenho.....	108
6.4.2.1 Da interface.....	108
6.4.2.2 Da estrutura mecânica.....	108
6.4.2.3 Da programação.....	111
<b>CAPÍTULO VII.....</b>	<b>114</b>
<b>7. DISCUSSÃO GERAL E CONCLUSÃO DO TRABALHO.....</b>	<b>114</b>
7.1 Integração de Conteúdos.....	115
7.2 O uso do Logo.....	116
7.3 Sugestões para a Continuação da Pesquisa.....	117
a) Com relação ao software.....	117
b) Com relação à estrutura mecânica.....	117
c) Com relação à utilização do traçador na escola.....	119
<b>Bibliografia.....</b>	<b>120</b>

## **ANEXOS**

- I MOTOR DE PASSO**
- II ALGORITMO DE BRESENHAM**
- III EXPLORAÇÃO DO TRAÇADOR PELOS ALUNOS**
- IV ESTUDO DE MEDIDA DE ÂNGULOS**
- V INTEGRAÇÃO DE DESENHOS**
- VI USO DO TRAÇADOR PARA REALIZAR TRABALHOS DE OUTRAS DISCIPLINAS ESCOLARES**
- VII ESTUDO DE FUNÇÕES MATEMÁTICAS**
- VIII UTILIZAÇÃO DO TRAÇADOR PARA ESCRITA**
- IX DESENHOS FEITOS PELO TRAÇADOR E DESENHOS FEITOS PELA IMPRESSORA**
- X ALGUNS PROCEDIMENTOS ELABORADOS PELOS ALUNOS**

## I. INTRODUÇÃO

O traçador gráfico é um dispositivo que tradicionalmente é usado para reprodução de figuras no papel. A utilização deste dispositivo pode ser ampliada para contexto educacional, onde servirá também para realização de atividades no computador, as quais propiciarão a construção de conhecimento do aluno. Enriquecendo e atualizando, assim, o ambiente de utilização do computador na escola.

É inevitável hoje a utilização do computador nas diversas atividades que fazem parte da nossa vida, quer no âmbito profissional ou no âmbito pessoal. Portanto, faz-se necessário refletirmos um pouco sobre as mudanças tecnológicas que o uso do computador vem impondo à sociedade — sobretudo a partir da década de 70 —, e nos prepararmos para viver numa sociedade cada vez mais informatizada. A escola, como um dos segmentos responsáveis pela preparação dos cidadãos para viver na sociedade do futuro, não está preparada nem aparelhada com instrumentos que lhe permitam cumprir este papel.

Salvo raras exceções, existe um certo descompasso da escola, frente ao desenvolvimento tecnológico; e isto se dá por dois motivos: primeiro, ela não dispõe de equipamentos como computadores, vídeo cassete, fac-símile, televisão, etc., que são os que a sociedade informatizada de hoje utiliza, seja nas indústrias seja nos lares. Segundo, ela não está conseguindo qualificar profissionais capacitados para acompanhar esse desenvolvimento.

Cada vez mais a sociedade informatizada vem impondo o uso de equipamentos que incorporam avanços tecnológicos. Acreditamos que o uso desses equipamentos propiciam

avanços educacionais que fazem da escola o melhor lugar para se obter o conhecimento sistematizado, e "caminhar" *pari passu* com a sociedade.

Em nossos dias, enquanto a indústria está mudando os meios de produção, o que se verifica é que a escola persiste na forma tradicional de transmissão de conhecimentos, ignorando o processo de modernização pelo qual passa a sociedade.

Enquanto a indústria moderna aplica o sistema enxuto, que é um novo modelo de produção desenvolvido pelos japoneses (Mazzone, 1993), e que quer dizer "*utilizar menores quantidades de tudo em comparação com a produção em massa*", a escola continua seguindo ainda o modelo de produção em massa do conhecimento, como se estivéssemos no início do século.

Sobretudo a partir da década de 40 do nosso século, as mudanças tecnológicas vêm marcando a transição de uma sociedade industrializada para uma sociedade baseada em técnicas, apoiadas fundamentalmente na alteração da base do tratamento, da conservação e da transformação das informações (Machado, 1992). Isso tem alterado as formas de organização do trabalho e determinado rumos que a sociedade deve seguir. Na medida em que o processo de desenvolvimento tecnológico influi no processo educacional, faz-se necessário refletirmos um pouco sobre a forma como a nossa escola atual vem acompanhando o desenvolvimento tecnológico. Devemos estar cientes de como a revolução industrial está afetando as práticas educacionais. Neste final do século XX, é preciso não só discutirmos a educação, como criarmos novas ferramentas educacionais, capazes de adequar as nossas escolas ao acelerado processo de desenvolvimento tecnológico que a sociedade vive.

Sob este ponto de vista, para nos situarmos melhor, é preciso primeiro, entendermos um pouco da história da educação, tanto institucionalizada quanto artesanal. Segundo,

olharmos para algumas inovações tecnológicas ocorridas ao longo dos séculos e a influência que elas tiveram na sociedade da época. Terceiro, e o mais importante, estarmos atentos para as demandas que o desenvolvimento tecnológico impõe à escola, fazendo com que esta mude de "roupagem" ou de metodologia. Abordaremos a seguir, e de forma sucinta, a educação e a tecnologia em seu contexto histórico e, em seguida faremos um paralelo entre a educação e a tecnologia, objetivando entender o porquê do descompasso da escola atual em relação aos avanços tecnológicos.

### I.1 A Educação no Contexto Histórico

Antes de fazermos qualquer consideração acerca da educação, ou tentarmos buscar uma definição para este termo, vamos atrelá-lo a um outro que nos é bastante familiar, que é o termo *escola*. Mesmo porque, a forma mais disseminada, desenvolvida e dominante da educação praticada na sociedade atual se dá via escola. É a ela que nos referimos sempre que falamos da educação. *"Embora o conceito de educação seja muito mais amplo que o da escola, incluindo todo lugar ou organismo onde se aprende alguma coisa, a escola é um lugar privilegiado, pois, estando organizada para a educação, tanto pode bloquear totalmente as possibilidades de transformação dos indivíduos (das mentalidades) e por esse meio, também da própria sociedade, como permitir uma abertura máxima para o mundo"* (Rossi, 1980, pg. 104).

A escola evoluiu da Grécia antiga, graças às contribuições financeiras de particulares das cidades e soberanos (Manacorda, 1992). Na Idade Média, a escola era organizada pela igreja e passou a existir uma ligação entre cultura e profissão. Surgiram então as universidades, e a educação feudal. Ainda na Idade Média, Jam Amos Comenius lançou a *Didática Magna* na tentativa de sistematizar o saber, propondo a modernização da instrução

para as crianças, em que a escola tinha a função de dar bons livros-texto, bons professores e bons métodos (Eby, 1976).

Paralelamente à educação escolar institucionalizada, surgiu também na Idade Média a educação artesanal. O artesanato surgiu como uma espécie de indústria rural, própria para a agricultura. Na forma de trabalho artesanal, existia um mestre artesão que detinha o conhecimento e o transmitia para o aprendiz (Timm, 1971). O mestre artesão se ocupava com as artes consideradas liberais: tear, forja, produção de armamentos, navegação, medicina e teatro. Ele tinha um notável pensamento técnico e domínio de conhecimentos de química, mecânica e metalurgia.

No final da Idade Moderna (século 18), nas escolas cristãs, o ler pertencia essencialmente ao ensino religioso, à doutrina. O escrever era voltado para a preparação para o ofício. (Manacorda, 1992). Nesse período acontece a Revolução Industrial, que muda os modos de produção e de vida dos homens. Acaba a antiga produção artesanal, e surge o novo meio de produção na fábrica e, junto com ele, a moderna instrução pública. Surge a proposta de uma escola elementar gratuita para todas as crianças dos sete aos doze anos, sendo que as mais destacadas deveriam ser selecionadas para as escolas secundárias e as melhores dentre estas para as universidades; educar humanamente todos os homens passa a ser o grande objetivo da educação.

Em 1800 no início da Idade Contemporânea (século 19), o modo de produzir os bens materiais necessários para a vida da sociedade transforma-se profundamente (Manacorda, 1992). Neste século, a tendência científica da educação é uma continuação dos séculos anteriores, o pensamento e a prática social e política passando por revoluções que se refletiram na educação (Monroe, 1970).

A partir de 1900 (século 20), embora a atividade intelectual mais vigorosa se manifestasse no estudo das ciências, sobretudo as biológicas (Eby, 1976), surgem também a pesquisa psicológica e os seus estudiosos — Vygotsky, Piaget, Freud, J. B. Watson, etc. O currículo escolar passa a sofrer grandes modificações em função das tendências sociais e das mudanças tecnológicas. Passa a existir um grande esforço no sentido de tornar o processo de instrução e formação do homem mais científico e universal (Monroe, 1970). Nas escolas elementares, crianças nobres e camponesas estudam juntas. Criam-se escolas técnicas, onde os institutos de mecânica instruem os operários nos princípios científicos da matemática e das manufaturas. A instrução técnico-profissional promovida pelas indústrias e pelo estado passa a ter um mesmo objetivo formativo: o homem capaz de produzir ativamente. Para suprir mão de obra nas indústrias, por volta de 1917, foi proposta a criação de uma escola voltada para a formação de homens capazes de qualquer trabalho e a aplicação de uma instrução geral e politécnica para todas as crianças e adolescentes dos dois sexos até os 17 anos. Evidencia-se aí a exigência de uma escola que servia como instrumento de uma vida social melhor, e que seja adequada à vida produtiva.

Surge neste nosso século a escola unitária proposta por Gramsci, que significa o início de novas relações entre o trabalho intelectual e industrial praticado não somente na escola, mas em toda a vida social. Foram instituídas as escolas infantis, instaladas junto às fábricas para atender aos filhos dos operários, e escolas elementares de agricultura, comércio e de artes e ofícios, em favor das indústrias.

A segunda metade do nosso século é marcada pelo progresso tecnológico: inicia-se a implantação e difusão de uma nova base técnica que é a eletrônica, tendo-se desenvolvido mais especificamente através da microeletrônica, o que permitiu a automação dos processos produtivos das tecnologias de informação, como a informática e a telemática (Segnini, 1992). Todo este processo de difusão técnica vem influenciando a nossa sociedade pela diversificação

dos meios para aquisição de conhecimento, através da popularização do uso de computadores pessoais (microcomputadores), vídeo cassete, fac-símile, e outros equipamentos.

## **I.2 A Tecnologia no Contexto Histórico**

Fazendo uma análise histórica da tecnologia, observamos que o ser humano vem se desenvolvendo ao longo dos séculos, buscando sempre obter mais conhecimento para compreender a realidade que o cerca. Esta apropriação começou com a descoberta do arco, do fogo e da flecha, passando pelo domínio da técnica da fundição de metais, principalmente o ferro e pela transformação da força da água e de o sopro do vento em energia (Derry, Trevor e Williams, 1987). Em seguida o homem começou a construir o arado que, ao ser puxado por bois gera a primeira revolução tecnológica da história da humanidade, com o advento da agricultura (Oliveira, 1990).

Continuando neste processo evolutivo, por volta de 1450 se inicia as grandes navegações para a América e África, no final da Idade Média, Gutemberg introduz o princípio da impressão organizada, popularizando com isso o conhecimento através da imprensa. Começam a surgir as máquinas, marcando o início da Idade Moderna.

Em 1700, começa a Revolução Industrial, que muda os modos de produção e de vida dos homens. A bússola e a pólvora passam a ser usados respectivamente para permitir grandes navegações e destruição de grandes fortalezas dos castelos feudais (Aranha, 1990). O descobrimento de novos mundos coloca em crise a redescoberta do mundo antigo. Surge a máquina a vapor construída por Newcomen, e aperfeiçoada e patenteada mais tarde por James Watt (Timm, 1971). A partir de então, o calor passa a ser utilizado para produzir o movimento mecânico, surgindo daí o trem de ferro a vapor.

Em 1800, devido à crescente intervenção da ciência como força produtiva, passa-se ao sistema da fábrica e da indústria baseado nas máquinas, em que a força produtiva não é mais dada pela mão humana; a máquina realiza as operações do homem, que já se encontrava reduzido a um simples acessório dela.

O velho artesão que ensinava em casa deixa de existir. O artesanato, que teve um papel importante no processo de desenvolvimento tecnológico, é absorvido pela industrialização. A revolução industrial, e as inovações tecnológicas ocorridas até então, mudaram as condições e as exigências da formação humana. Ao entrar na fábrica e ao deixar a sua oficina, o velho artesão se transforma em um moderno proletário. Porém, ele não possui mais nada, nem os instrumentos de produção, nem a capacidade de desenvolver sozinho o processo produtivo integral, nem o produto do seu trabalho, e nem a possibilidade de vendê-lo no mercado (Manacorda, 1992). Ao entrar na fábrica, que tem na ciência moderna sua força produtiva, o artesão foi expropriado da pequena ciência inerente ao seu trabalho. Ou seja, ele perdeu o aprendizado. Houve, de um lado, várias lutas dos operários no sentido de melhoria da qualidade de vida e de trabalho, como por exemplo a luta contra o analfabetismo, e de outro, por parte dos patrões, uma série de ações para promover o aprendizado de tarefas técnicas que o operário deveria desempenhar na fábrica. Surge a figura do trabalhador-estudante e do estudante-trabalhador, ligados ao desenvolvimento contemporâneo da fábrica e da escola, através da aliança do saber com a indústria.

Neste contexto, o horário e o ritmo de trabalho passaram a ser adaptados à máquina; o local de trabalho passou a ficar distante da casa, e o trabalho artesanal é descartado definitivamente; começaram a ser criados institutos de mecânica para instruir os operários nos princípios de matemática e das manufaturas. Além disso, a própria fábrica passou a ser uma instituição pedagógica, na medida em que ela promovia a instrução técnico-profissional para a

classe trabalhadora. Com isso, as relações sociais sofreram grandes alterações, uma vez que as relações de trabalho e produção se modificaram.

A partir de 1900, no nosso século, surge a máquina de Babbage, aperfeiçoada por Herman Hollerith, que cria a empresa "Tabulating Machine Company", que por sua vez se associa à "Computing-Tabulating-Recording Company", que a partir de 1924 se transforma na IBM. Na década de 30, engenheiros e estudantes da Universidade de Harvard inventam o computador, que vem desde então alterando e modificando o processo de produção e armazenamento de informação.

### **I.3 Educação vs Tecnologia**

Se tomarmos alguns marcos-chaves da evolução da educação e da tecnologia, do ponto de vista da educação podemos citar o próprio surgimento da escola, a descoberta da escrita, que popularizou o conhecimento, e a *Didática Magna* que sistematizou o ensino e a aprendizagem. Do ponto de vista da tecnologia, temos a descoberta do arado, que fez substituir o trabalho manual pelo animal, a invenção da máquina (a revolução industrial), e a invenção do computador para manipulação da informação. O quadro da página seguinte representa de forma sucinta esses marcos da evolução da educação e da tecnologia ao longo da história da Humanidade:

	Idade Antiga (3000 a.c. - 476 d.c.)	Idade Média (476-1500)	Idade Moderna (1500-1790)	Idade Contemporânea (1790-)
<b>Educação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistematização da geometria por Euclides</li> <li>- Estabelecimento da 1ª escola em Atenas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Primeiro Sistema de Escolas Públicas</li> <li>- Primeira Educação obrigatória</li> <li>- Comenius lança a Didática Magna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modernização da instrução pública</li> <li>- Predominância do caráter científico na educação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gramsci propõe a criação da escola unitária</li> <li>- Criação da escola politécnica</li> <li>- Surgimento da pesquisa psicológica</li> </ul>
<b>Tecnologia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Invenção do Moinho de Vento</li> <li>- Produção de papel pelos mulçumanos</li> <li>- Descoberta do arado e invenção da roda</li> <li>- Fundição de ferro</li> <li>- Descobrimto da pólvora e do algodão</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Produção do papel pelos mulçumanos</li> <li>- Invenção da Imprensa</li> <li>- Fundição de canhões de ferro</li> <li>- Princípio de pêndulo de Galileu</li> <li>- Mineração da prata</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Máquina a Vapor</li> <li>- Tear mecânico</li> <li>- Telescópio de Galileu</li> <li>- Definição de metro pela academia de Ciências francesa</li> <li>- Utilização do carvão na fabricação de vidro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lâmpada de filamento de carvão</li> <li>- Máquina de escrever de Remington</li> <li>- Telefone de Gran Bell</li> <li>- Motor elétrico de corrente alternada</li> <li>- Máquina de calcular de Babbage</li> <li>- Invenção do computador</li> </ul>

Estas descobertas e invenções, que sempre estiveram acompanhadas da apropriação do conhecimento, têm alterado as relações de trabalho, determinando o rumo que a sociedade deve seguir. O que é evidente nesta análise histórica é que, desde a antiguidade, todo o processo de desenvolvimento tecnológico tem influenciado o processo educacional. Pois, na medida em que os instrumentos e os meios de trabalho sofreram mudanças qualitativas que alteraram a produção, o processo e a organização do trabalho, estas mudanças se refletiram no sistema educacional. Isso fez com que a sociedade passasse a exigir da escola, profissionais preparados para atender a estas mudanças.

Da Idade Média até a primeira metade do século XX, tínhamos uma escola que estava atrelada ao desenvolvimento tecnológico; porém, a partir daí, com o surgimento da tecnologia de microeletrônica, que permitiu a automação do processo produtivo e do processamento de informação, a escola deixou de suprir a demanda de profissionais que a indústria precisa. Isto explica a necessidade de se mudar a escola para acompanhar as inovações tecnológicas impostas pela sociedade moderna e preparar os cidadãos para viver na sociedade do futuro.

Algumas inovações tecnológicas como o advento da imprensa e de máquinas, de uma maneira geral, foram incorporados à escola. Entretanto, no Brasil, outras inovações como o computador e todos os outros equipamentos derivados deste — que permeiam a sociedade moderna —, não estão sendo incorporados à escola. Isso se deve a dois fatos básicos: em primeiro lugar, o advento dos computadores que alterou todo o sistema de processamento da informação, através da modificação do sistema de produção em massa que, a partir de 1970, deixou de ser regido pela demanda e passou a ser regido pela oferta de mercadorias (Segnini, 1992). Isto modificou o perfil do profissional necessário para o mercado de trabalho. Em segundo lugar, a mudança no processo de aquisição de conhecimento. A informação não está mais confinada à sala de aula, mas está em casa (através de Tv, vídeo, fac-símile, microcomputador, etc.), e na rua (através de letreiros e caixas eletrônicos, terminais de vídeo-texto, terminais de leitura de código de barras e cartões magnéticos em supermercados, etc.). Esse fato tem contribuído para tornar a escola desinteressante para a maioria dos alunos. Ela não tem a tecnologia que a sociedade necessita e usa no seu dia-a-dia conseqüentemente, ela não está conseguindo formar profissionais para esta mesma sociedade.

A escola precisa fundamentalmente de melhoria qualitativa. Para propiciar ao cidadão do futuro uma educação condizente com as inovações tecnológicas, a escola precisa ter um ensino de boa qualidade. Mesmo porque, as fábricas de hoje estão se conscientizando do valor da educação, aplicando a qualidade total: *"as pessoas aprendem que têm de adquirir conhecimento, que têm de se educar, que têm de olhar pela educação no país"* (Campos, revista Veja nº 51 pg. 8, 1993). Ainda segundo Campos, *"para os industriais, as empresas hoje são bens, equipamentos e materiais, procedimentos e fundamentalmente pessoas. Os equipamentos e materiais você compra ou melhora com dinheiro. Mas, procedimentos e pessoas só com conhecimento"* Reforçando este mesmo ponto de vista, Mazzone, citando Toffler (1990), coloca que *"as escolas ineficazes e atrasadas se assemelham às fábricas ultrapassadas e nem uma e nem outra servem mais"* (Mazzone, 1993, pg. 275). A nosso ver,

isso demonstra uma mudança de paradigma por parte das fábricas, mudança que a escola atual tem que acompanhar.

Quando falamos de mudanças de paradigma como manipulação de informação, qualidade total na fábrica, produção enxuta, etc., o tipo de Homem necessário para uma sociedade que está vivendo estas mudanças é diferente do Homem das décadas passadas. Estamos falando de cidadãos da sociedade informatizada que têm acesso à informação e que, portanto, têm uma leitura diferente do mundo. Isto implica numa mudança de paradigma no processo de ensino e aprendizagem.

Uma forma de contribuímos com a escola no sentido de propiciar esta mudança de paradigma é através da implementação de ferramentas que propiciam aos alunos a chance de serem autônomos, criativos e responsáveis pelo seu próprio processo de aprendizado. Este trabalho de dissertação que ora apresentamos está inserido no contexto de atualização da escola, no sentido de, com a finalidade acima exposta, introduzir o computador na educação.

Existem hoje diferentes propostas para utilização do computador na educação. Acreditamos que a que a escola deve adotar para qualificar o aluno para a sociedade informatizada, dentro das mudanças de paradigma que estamos vivendo, seja a da utilização do computador como ferramenta para aprendizagem. A seguir, faremos uma descrição do uso do computador na educação segundo as diferentes modalidades de uso.

#### **I.4 Computador na Educação**

Segundo a literatura, existem diferentes maneiras de se classificar o uso do computador na educação. Taylor citado em Knezek, et al (1988), categoriza o uso do computador em três modos: **o computador como tutor** - o programa dirige o estudante; **o**

**computador como ferramenta** - o estudante usa o computador para realizar tarefas e o **computador como tutelado** - o estudante ensina o computador.

Um outro enfoque dado por Berger e Carlson, citados em Stahl (1990), dividem o uso do computador em duas categorias, conforme a ênfase é dada ao ensino ou à aprendizagem: **ensino por exposição** - ocorre nos programas tipo exercício e prática, que progridem em pequenos incrementos, usados para basicamente ensinar memorização, o professor controlando a atividade do aluno; **aprendizagem por descoberta** - ocorre com as simulações e jogos educativos, que possibilitam aos alunos usar o computador para explorar habilidades de resolução de problemas (Stahl, 1990).

Para Mendelsohn, as escolhas pedagógicas dos ambientes de ensino e aprendizagem (AEA) podem ser descritas sobre dois eixos ortogonais: o primeiro eixo representa a abertura do sistema relativamente às ações que o sujeito pode realizar no ambiente, onde um software aberto permite ao aluno uma grande combinação de comandos e funções no ambiente. Este autor aponta o Logo como exemplo de um software com esta característica. O segundo eixo representa o tipo de conhecimento sobre o qual o software visa fornecer uma ajuda eficaz do ponto de vista de aprendizagem. (Mendelsohn, 1990).

Watts e Roecks citados em Knezek et al (1988), listam 13 modos diferentes pelos quais o computador pode ser utilizado na educação, incluindo administração, pesquisa e desenvolvimento profissional. Enfim, se tentarmos citar todos os modos de utilização do computador na educação, segundo o ponto de vista dos autores, que se pronunciaram sobre este assunto, podemos criar uma lista enorme, e não nos cabe aqui citar todos eles.

A nosso ver existe uma diferença entre ensino de informática e ensino através da informática. Portanto, existem duas modalidades de uso do computador na educação. Tanto

uma quanto a outra são consideradas por alguns educadores como modalidades de utilização do computador na educação. Porém, é importante salientarmos que a prática do trabalho com os alunos na sala de aula vem demonstrando que o que na verdade diferencia, e muito estas modalidades é toda a abordagem educacional e o ambiente de ensino e aprendizagem que podemos criar com o computador.

O uso do computador para ensino de informática não será descrito aqui porque foge aos objetivos desta dissertação. Vamos descrever o ensino através de informática em função do traçador educacional implementado ser uma ferramenta que possibilitará o desenvolvimento de atividades no computador que poderão propiciar a aprendizagem.

#### **I.4.1 Ensino através da informática**

O ensino através da informática subdivide-se em duas modalidades: informatização do ensino e criação de ambientes de aprendizagem. A seguir descreveremos cada uma destas modalidades.

##### **I.4.1.1 Informatização do ensino**

Esta modalidade de uso que pode ser considerada como uma versão computadorizada dos métodos tradicionais de ensino divide-se em quatro categorias: tutoriais, exercício-e-prática ("drill-and-practice"), jogos e simulação (Valente, 1993). Os tutoriais são implementações prévias, no computador, dos programas com os assuntos a serem ensinados. Os programas do tipo tutorial podem apresentar habilidades, informações ou conceitos novos ao aluno, substituindo aulas, livros, filmes, etc. (Stahl, 1990). Os programas de exercício-e-prática são aqueles que revisam as matérias vistas na sala de aula. Estes programas

geralmente são do tipo linear, avançam seqüencialmente através de uma série de itens, e só passam para o próximo item quando o aluno dá a resposta certa (Stahl, 1990). Estes programas apresentam a vantagem do professor dispor de uma infinidade de exercícios que o aluno pode resolver conforme o seu grau de conhecimento e interesse (Valente, 1993). Jogos educacionais se baseiam na exploração auto-dirigida dos conceitos através do computador, ao invés da instrução. Sthal, citando Reynolds e Martin, afirma que *"um jogo com planejamento adequado explora o interesse e o potencial de motivação inerentes à estratégia de jogo. Aumenta a atenção do aluno e cria a sensação de que aprender é divertido"* (Stahl, 1990, pg. 39). Os jogos são geralmente programas de reforço à nova informação ou conceito. A simulação envolve a criação no computador de modelos dinâmicos e simplificados do mundo real, que permitem a exploração de situações com riscos, como manipulação de substâncias químicas ou objetos perigosos. A simulação é útil para trabalho em grupo, na medida em que diferentes grupos podem testar hipóteses e ter um contato mais real com os conceitos envolvidos no problema em estudo. Porém, as boas simulações são bastante complicadas de serem desenvolvidas, porque precisam de grandes recursos computacionais e, além disso, por si só elas não criam a melhor situação do aprendizado. Elas devem ser um complemento de leituras e discussões em sala de aula. (Valente, 1993).

#### **I.4.1.2 Criação de ambientes ou ferramentas de aprendizagem**

Nesta modalidade, é o aluno que fornece informação à máquina. Ou seja, o uso do computador acontece dentro de um contexto onde este é uma máquina que não tem conhecimento nenhum e é o aluno que detém o conhecimento e tenta passá-lo para o computador. Neste caso, o aluno é que dá ordens à máquina. Do ponto de vista educacional, este tipo de uso vem demonstrando ser mais interessante e diferente (Valente, 1991). Nesta

modalidade, contrariamente às outras, o computador passa a ser uma ferramenta que o aluno utiliza para desenvolver uma determinada atividade. O aluno é que "ensina" o computador e, concomitantemente ao aprendizado de programação, ocorre o aprendizado de conceitos, e o aluno passa a explicitar o seu conhecimento através da máquina.

No entanto, nesta modalidade o uso do computador não depende somente da máquina nem da linguagem de programação, mas também, e fundamentalmente, de toda uma abordagem pedagógica que deve ser desenvolvida para este fim. As variedades de uso do computador, neste caso, podem ser como: banco de dados, processador de textos, planilha eletrônica, resolução de problemas em diferentes domínios, controle de processos em tempo real e uso de linguagem de programação como o Logo. Nesta introdução, faremos uma breve descrição desta linguagem. No capítulo I, faremos um histórico mais detalhado do Logo.

O Logo é uma linguagem computacional que, além de servir para nos comunicarmos com o computador, tem uma característica especial: a possibilidade de implementarmos uma metodologia de ensino baseada no computador e explorarmos aspectos do processo de aprendizagem (Valente, 1991). Esta linguagem tem como uma das suas formas de utilização a exploração de atividades espaciais, que consiste basicamente em comandar um objeto (uma "Tartaruga") que se desloca na tela do computador, deixando rastro ou não. Comandar a Tartaruga significa, por exemplo, ensiná-la a desenhar figuras geométricas onde conceitos como lateralidade, seqüência lógica, distância, ângulo, etc., podem ser explorados. O Logo pode ser usado também para processamento de palavras e listas — o chamado Logo simbólico, que explora os aspectos mais avançados da linguagem. Pessoas de diferentes áreas de conhecimento, ao utilizarem o Logo, podem desenvolver atividades que propiciam a aprendizagem. Estas atividades podem ser cada vez mais diversificadas, a medida que o Logo controla Tartaruga mecânica, montagens LEGO, dispositivos baseados em sensores, "Slot Machine", traçador gráfico, etc.

### I.4.1.3 Traçador gráfico na escola

Como já havíamos afirmado, a utilização do computador na escola depende muito da abordagem e do tipo de atividade que propomos para ser realizada no computador. Tradicionalmente estas atividades são compostas de uso de aplicativos ou elaboração de um programa que o computador executa. Atualmente já podemos propor outros tipos de atividades para serem realizadas no computador. Por exemplo, utilizando a linguagem Logo, podemos criar atividades diferentes no computador, passando este a controlar dispositivos que atuam no mundo externo, como seus "braços" ou "orgãos de sentido". Neste contexto, a atividade de programar pode ser: controlar uma Tartaruga ou um carrinho que se desloca no chão, captar sinais (som, luz, temperatura, força, pressão, etc.) do ambiente e processá-los no computador, ou controlar o movimento de uma caneta para reproduzir no papel, de forma concomitante, o desenho da tela.

A construção de um traçador gráfico para fins educacionais objetivou a implementação de uma ferramenta que, ao ser inserida na escola, ampliasse a gama de atividades que os alunos podem realizar no computador. O traçador gráfico educacional, como ferramenta para reprodução do desenho da tela de forma mais fiel, enriquecerá o ambiente de programação em Logo. Por exemplo, o traçador permitirá ao aluno desenvolver atividades no ambiente Logo num espaço diferente da tela do computador. O espaço da tela é fixo, pré-determinado, e o aluno quase não tem liberdade de alterá-lo. O espaço do papel é livre. Além disso, enquanto a escala do desenho da tela é fixa, o desenho do papel pode ser reproduzido em escalas diferentes. Acreditamos com isso que o traçador, ao ser inserido na escola, tornará o ambiente Logo mais criativo e rico em atividades que propiciam o manuseio de conceitos de Matemática, Física, Linguagem de Programação e Engenharia.

Para finalizar, gostaríamos de ressaltar que, ao longo desta introdução, descrevemos o que era o trabalho do mestre artesão, cujo papel histórico foi importante para a história da educação. Hoje, na área computacional, fala-se na implementação, no *design* de artefatos como forma de programação. Isso demonstra que, embora estejamos vivendo numa sociedade informatizada, onde o conhecimento pode ser adquirido de diversas formas, a idéia do trabalho artesanal ainda persiste. Isto poderá ser uma contribuição para o aprimoramento do uso computador, do qual o traçador gráfico educacional fará parte.

A dissertação é desenvolvida em sete capítulos. O capítulo I faz um breve histórico do Logo e do enriquecimento desta linguagem. O capítulo II trata da literatura sobre traçador gráfico do ponto de vista técnico. O capítulo III descreve o objetivo e a metodologia deste trabalho. O capítulo IV se atém à descrição, da estrutura mecânica, do hardware e do software de controle do traçador. O capítulo V estuda a implementação e a verificação do uso do traçador: verificação de bancada, eliminação de "bug", alteração/correção no traçador. O capítulo VI trata da verificação de uso na escola e dos resultados desta verificação. E finalmente, no capítulo VII, apresento a discussão e conclusão deste trabalho.

## CAPÍTULO I

### 1. O AMBIENTE LOGO

Este capítulo descreve, do ponto de vista cronológico, um breve histórico da linguagem e do ambiente Logo, objetivando mostrar que existe uma preocupação dos pesquisadores que trabalham com o Logo, em expandir e diversificar a sua utilização, criando objetos (dispositivos) para os usuários manipularem. Originalmente foi a Tartaruga mecânica, depois a de tela, em seguida LEGO-Logo e, finalmente, uma versão mais precisa da Tartaruga mecânica e o Traçador gráfico educacional. Isso tudo é visto como enriquecimento do ambiente Logo.

Como mencionamos na introdução deste trabalho, uma das formas de uso do computador na educação é como ferramenta de aprendizagem. Existem alguns grupos de pesquisa na área de informática na educação — NIES (Núcleo de Informática no Ensino Superior) na Universidade Federal de Alagoas, LEC (Laboratório de Estudos Cognitivos) na Universidade Federal do Rio Grande de Sul, NIED (Núcleo de Informática Aplicada à Educação) na Universidade Estadual de Campinas e o grupo de "Media Lab" do MIT (Massachusetts Institute of Technology) nos Estados Unidos —, entre muitos outros que não nos cabe citar aqui, preocupados com a criação e com o *design* de ambientes de aprendizagem nos quais o computador se faz presente. Os pesquisadores nesta área têm buscado projetar ambientes onde a utilização do computador se baseia em desenvolvimento de atividades que sejam mais interativas, mais envolventes, de modo que o controle do processo de aprendizagem esteja cada vez mais nas mãos do aluno (Martin, 1988). A nosso ver, isso é uma

meta difícil de se alcançar; entretanto, as pesquisas estão sendo desenvolvidas com este objetivo.

A linguagem de programação Logo foi desenvolvida no Massachusetts Institute of Technology (MIT), Cambridge, Estados Unidos da América por volta de 1968-1969, por um grupo de pesquisadores liderados pelo Professor Seymour Papert. O Logo era uma linguagem de programação que processava listas e permitia criar novos procedimentos. Durante o ano letivo 1968-1969, a linguagem foi usada por alunos de nível colegial da "Muzzi Junior High School" que, em substituição ao currículo convencional de matemática, trabalharam com o Logo. Foi comprovado, então, que esta linguagem era facilmente aprendida por principiantes. Mas, como esta comprovação se limitava a estudantes de nível médio, o seu criador (Seymour Papert) propôs que esta linguagem fosse introduzida para estudantes de nível pré-escolar e primário. Ele propôs então a Tartaruga, como uma área de programação que poderia interessar a pessoas de todas as idades. Ou seja, ele propôs o uso da Tartaruga como instrumento de aprendizagem pois a idéia de programação é introduzida através da metáfora de ensinar à Tartaruga uma palavra nova.

Para Papert, *"a Tartaruga é um animal cibernético controlado pelo computador. Ela existe dentro das miniculturas cognitivas do "ambiente Logo", sendo Logo a linguagem computacional que usamos para comunicar com ela. Essa Tartaruga serve ao único propósito de ser fácil de programar e boa para se pensar. Algumas Tartarugas são objetos abstratos que vivem na tela dos computadores. Outras, como as que andam no chão, são objetos físicos e podem ser manuseadas como qualquer outro brinquedo mecânico"* (Papert 1988, pg. 26).

A Tartaruga criada inicialmente foi a Tartaruga Mecânica que se movimentava no chão. Ela recebia ordens do computador, a partir de comandos digitados no teclado. Os

comandos do tipo **Parafrente (Forward) n°** e **Paratrás (Backward) n°** permitiam o deslocamento dela no espaço, **Paradireita (Right) n°** e **Paraesquerda (Left) n°** permitiam o giro da mesma em torno do seu eixo. O comando **Uselápis (Pendown)** permitia que ela deixasse um risco no chão ao se deslocar, **Usenada (Penup)** fazia com que ela deslocasse sem deixar riscos. Ao comandar a Tartaruga, eram explorados os conceitos espaciais que adquirimos nos primórdios da nossa infância. Neste processo eram utilizados conceitos de: distância, número, ângulo, etc. Assim, as crianças aprendiam estes conceitos controlando a Tartaruga.

### **1.1 Logo e Tartaruga de Tela**

Com o advento de microcomputadores e do monitor de vídeo, a função da Tartaruga Mecânica original foi transferida para a Tartaruga de Tela que ao se deslocar, deixa riscos na tela. Com isso o Logo passou a processar gráficos também. A partir de então, a utilização da linguagem Logo com a Tartaruga de Tela, para o processamento gráfico (Logo gráfico), passou a ser basicamente a forma pela qual as pessoas aprendem a trabalhar com essa linguagem.

No Logo gráfico existe uma correspondência direta entre o comando digitado no teclado e o movimento da Tartaruga na tela. O Logo gráfico é conhecido como "porta de entrada" do Logo, por ser a forma pela qual a maioria dos usuários desta linguagem se iniciam nela. No Logo gráfico, a Tartaruga pode se movimentar utilizando-se dos mesmos comandos da Tartaruga Mecânica e, além disso, ser capaz de se deslocar apagando riscos, através do comando **Useborracha**.

No Logo gráfico, ao comandar a Tartaruga, o aluno tem um contato mais rápido com o computador, com possibilidades de desenvolver atividades gráficas. Essas atividades envolvem manuseio de conceitos espaciais, numéricos e geométricos. O processo de comandar (ensinar) a Tartaruga significa explicitar esses conceitos através do computador. Ao ensinar a Tartaruga, o aluno descreve suas idéias em termos de linguagem de programação Logo. Ou seja, ele descreve a solução de um problema através dos comandos, que se transformam em um procedimento. O computador executa o procedimento e a Tartaruga apresenta na tela o resultado desta execução, na forma de gráfico ou desenho.

O resultado da execução serve como objeto de reflexão para o aluno. Caso este resultado não seja o esperado, o aluno poderá depurar o procedimento modificando algum comando da linguagem, algum conceito envolvido no problema, ou a própria estratégia de solução do problema. O procedimento correto pode-se transformar em uma palavra nova que a Tartaruga aprende, e que poderá ser usada em outros procedimentos.

Do ponto de vista metodológico, a linguagem Logo pode criar um ambiente onde a utilização do computador facilita o processo de aprendizagem, na medida em que o aluno interage com objetos do ambiente manipulando conceitos, elaborando idéias, testando essas idéias, criando novas hipóteses, etc. E, além disso, o ambiente possibilita cooperação, desenvolvimento da autonomia, do raciocínio e permite o respeito ao estilo individual de trabalho de cada aluno.

É inegável que a metodologia Logo traz em suas origens princípios do construtivismo piagetiano; porém, isto se dá numa amplitude maior. Tal amplitude tem sido fruto de novas abordagens teóricas afins, as quais têm contribuído no sentido de enriquecer e fazer emergir uma nova concepção pedagógica, baseada na utilização do computador: o construcionismo.

Tal concepção fundamenta-se nas teorias de Papert, Vygotsky e Paulo Freire, com enfoques voltados respectivamente para os aspectos computacionais, educacionais e socio-culturais (Valente, 1993).

## **1.2 Enriquecimento do Logo do Ponto de Vista de Dispositivos**

Enriquecer o ambiente construcionista Logo pode significar também criar condições para que o Logo, além de controlar a Tartaruga que está na tela do computador, controle também dispositivos que estão fora do computador. Porém, isto deve ser feito guardando todas as características pedagógicas da metodologia Logo. Ou seja, preservando a "estética" Logo. Com isso, a pretensão é ganhar algo mais, aumentando a gama de atividades que poderão ser desenvolvidas no ambiente Logo, sem perder a idéia da Tartaruga original, de ser fácil de programar e de servir como objeto de mediação do pensamento. Alguns dispositivos tais como: LEGO-Logo, (Ocko, 1989) Tartaruga Mecânica mais precisa, e Traçador Gráfico Educacional foram desenvolvidos com esta finalidade. A seguir, faremos uma breve descrição do LEGO-Logo e da Tartaruga Mecânica mais precisa e, no próximo capítulo, descreveremos em detalhes o traçador.

### **1.2.1 LEGO-Logo**

Com o aparecimento do LEGO-Logo — controle de brinquedos de montar LEGO usando o Logo (Resnick, 1990) —, o Logo passou a controlar dispositivos (máquinas e animais) fora do computador, retomando, de alguma forma, a idéia da Tartaruga Mecânica original.

Do ponto de vista educacional, o trabalho com LEGO-Logo tem mostrado que os alunos, na tentativa de resolverem seus problemas com os brinquedos e o programa computacional que os controla, podem manipular diferentes conceitos no domínio das ciências (Física, Mecânica, Matemática, Computação, etc) (Resnick e Ocko, 1990). Isto conserva a idéia original da Tartaruga Mecânica. Entretanto, no ambiente LEGO-Logo não controlamos o brinquedo concomitantemente com a Tartaruga de Tela. Ou seja, ao mesmo tempo que ganhamos em número de atividades a serem realizadas e no manuseio de conceitos, perdemos a Tartaruga de Tela. Além disso, persiste ainda o problema de imprecisão nos deslocamentos, caso queiramos reproduzir os movimentos da Tartaruga usando dispositivo LEGO.

### **1.2.2 Tartaruga Mecânica Mais Precisa**

Outra idéia interessante que tem sido implementada por alguns pesquisadores do Logo é a construção de uma Tartaruga Mecânica que tenha todas as características da Tartaruga original e que reproduza no chão, de forma concomitante, os movimentos da Tartaruga de Tela. Pois, com a implementação da Tartaruga de Tela, a Tartaruga Mecânica original foi esquecida. Isso se deve, talvez, ao fato de que a imprecisão causada no deslocamento da Tartaruga Mecânica em relação à Tartaruga de Tela é significativa, sem contarmos ainda o custo financeiro da construção da Tartaruga Mecânica, que é equivalente ao preço de um computador.

A Tartaruga Mecânica mais precisa tem sido construída hoje utilizando-se de motores de passo que são motores mais precisos, a um preço bem mais acessível. Ela consiste basicamente de uma interface eletrônica e uma estrutura metálica contendo dois motores de passo e um suporte para a caneta, tudo isso coberto com material plástico com formato de

tartaruga. Ela resgatou as idéias pedagógicas da Tartaruga Mecânica original, de reproduzir no chão os rastros da Tartaruga de Tela.

A Tartaruga Mecânica mais precisa pode ser usada em uma ampla gama de atividades educacionais interessantes. Devemos salientar que ela desempenha um papel importante no trabalho com crianças deficientes físicas que, geralmente, têm dificuldades em compreender as noções espaciais, por estarem privadas ou terem dificuldades de se locomoverem no espaço real.

### **1.3 Enriquecimento do Logo do Ponto de Vista de Comandos**

Além da implementação de dispositivos, a parte de comandos do Logo tem sido enriquecida também. Isto tem sido feito, basicamente, de duas maneiras. Primeira, através da inserção de novos comandos para controlar os dispositivos. Segunda, através da inserção de novos comandos para processar texto, ensinar línguas, fazer música, etc.

O enriquecimento do Logo do ponto de vista de comandos envolve a criação de novas funções primitivas Logo, que normalmente guardam todas as características da linguagem Logo original. Ou seja, o usuário, ao utilizar estes novos comandos, deve somente estar usando um Logo com um elenco de primitivas maior.

Portanto, o enriquecimento do Logo envolve projetos de pesquisa que têm sido desenvolvidas objetivando, implementação de dispositivos físicos (eletrônicos ou eletromecânicos), implementação de comandos e criação de ambientes de aprendizagem, com atividades que visam a manipulação destes dispositivos e comandos utilizando o computador.

Neste contexto, o Núcleo de Informática Aplicada à Educação - NIED, vem contribuindo com o enriquecimento do Logo, desenvolvendo projetos de pesquisa de uso do computador na educação. A aplicabilidade e verificação desses projetos de pesquisa vem sendo avaliada em Escolas de 1º e 2º graus, dentre elas, a EEPSG "Tómas Alves" no Distrito de Sousas, em Campinas e, EEPSG "João XXIII", em Americacna, onde foi feita a verificação do uso do traçador grafico educacional em questão. Nestas escolas pesquisadores do NIED têm trabalhado no sentido de capacitar os professores para utilização do computador na educação, e implantação de novas ferramentas no ambiente Logo.

No próximo capítulo apresentaremos o traçador gráfico profissional, e o traçador gráfico educacional. O segundo será descrito como uma ferramenta que propicia o enriquecimento do Logo tanto em termos de dispositivos, quanto de comandos.

## CAPÍTULO II

### 2. TRAÇADOR GRÁFICO PROFISSIONAL E TRAÇADOR GRÁFICO EDUCACIONAL

Neste capítulo descreveremos o traçador gráfico profissional, enfocando seus tipos, sua história e seus fabricantes. Descreveremos também o traçador gráfico educacional enfocando a sua performance, o seu custo, o porquê da sua construção, e os aspectos pedagógicos. Faremos também uma breve descrição sobre a impressora, seus tipos, a diferença entre este dispositivo e o traçador gráfico em geral e para finalizar, apontaremos as vantagens e desvantagens do traçador e da impressora.

#### 2.1 Traçador Gráfico (Plotter)

Tecnicamente, o traçador gráfico é um dispositivo eletromecânico composto de uma estrutura mecânica, que é o traçador propriamente dito; um circuito eletrônico (o hardware) que serve como, meio de comunicação entre este dispositivo e o computador; e um software que permite o controle do dispositivo através do computador (Arkema, 1988). Ou ainda, o traçador é um "*dispositivo que literalmente desenha com canetas especiais de diversas cores e/ou espessuras, em papel com dimensões que variam com o modelo cobrindo desde o tamanho A4 até A0. Os modelos mais sofisticados têm uma precisão mais elevada*" (Meirelles, 1988, pg. 126). Numa descrição um pouco mais minuciosa, podemos dizer ainda que o traçador gráfico é um dispositivo constituído basicamente por dois motores de passo,

um para gerar movimento na direção X dos eixos cartesianos, outro para gerar movimento na direção Y e uma régua que transporta a caneta.

Segundo Rolim, (1981), o primeiro sistema gráfico por computador apareceu com os primeiros computadores digitais e os traçadores gráficos surgiram inicialmente como dispositivos analógicos, funcionando como osciloscópio traçando figuras de Lissajous.

### **2.1.1 Tipos de traçadores gráficos**

Existem basicamente dois tipos de traçadores gráficos. Um tipo é o traçador XY (Flat-Bed Plotter), onde a caneta é movimentada no eixo X e no eixo Y, mantendo o papel fixo. Um outro é o traçador de tipo tambor (Drum Plotter), no qual a caneta é movimentada em um dos eixos e o papel no outro eixo.

### **2.1.2 Traçador tipo tambor**

No traçador do tipo tambor, a caneta e o papel se movimentam ao reproduzir o desenho da tela. Ao desenhar um gráfico, a caneta se movimenta no eixo X e o papel no eixo Y. O desenho da tela embora esteja sendo reproduzido no papel no mesmo instante, só poderá ser avaliado pelo usuário depois de completo (ou no caso do traçador ser interrompido). Pois, durante a execução, como o papel e a caneta estão em movimento, torna-se mais difícil a visualização do desenho como um todo. Neste tipo de traçador o espaço e a localização exata do desenho no papel são difíceis de serem estimados a priori.

### 2.1.3 Traçador tipo XY

No traçador do tipo XY, o papel e a tela são planos fixos. À medida em que o traço é feito na tela, a caneta o reproduz no papel no mesmo plano. Por exemplo, ao desenhar uma casa na tela, a caneta se movimenta no plano XY do traçador, reproduzindo a casa de forma semelhante no papel. Isso faz com que o acompanhamento e a avaliação do desenho seja mais fácil durante a sua execução. Neste tipo de traçador, o espaço e a localização exata do desenho no papel são estimados *a priori*.

## 2.2 Breve Histórico do Traçador Gráfico Profissional

O grande impulso na área de traçadores digitais se deu com o surgimento do traçador CAL COMP-565, em 1958 (Rolim, 1981). Conforme havíamos descrito no item 2.1, o primeiro sistema gráfico por computador apareceu com os primeiros computadores digitais. Os traçadores gráficos surgiram inicialmente como dispositivos analógicos, funcionando como osciloscópio traçando figuras de Lissajous. No início dos anos 60, o computador gráfico do Massachusetts Institute of Technology (MIT) incorporava um terminal gráfico na sala de controle. Além deste, um outro tipo de uso de computadores em gráficos surgiu com o sistema de defesa do espaço aéreo americano, que convertia a informação de radar em desenhos feitos no computador.

Dos anos 60 para cá, diversas companhias têm desenvolvido e aperfeiçoado a tecnologia de fabricação de traçadores gráficos. Dentre elas se destaca a Hewlett-Packard (HP), que desenvolveu "**micro-grip plotting technology**" (HP Journal November, 1981). A aplicação desta tecnologia tornou possível a implementação de traçadores gráficos de alta performance, alta qualidade e baixo custo. Além disso, a HP desenvolveu a HPGL "Hewlett

Packard Graphics Language", que é uma linguagem de programação para plotter (HP Journal April, 1985). Uma outra empresa que atua no desenvolvimento de traçadores gráficos é a Houston Instruments, que desenvolveu a HILOT "Houston Instruments Plotter Language", uma outra linguagem de programação para plotter (Norton, 1992).

Paralelamente à queda de preço do traçador gráfico, aconteceu a queda de preço dos computadores e, com isso os traçadores passaram a ser usados mais freqüentemente para reprodução de gráficos. Além disso, este dispositivo passou a ser usado também para aquisição de dados em laboratórios, acoplado a outros instrumentos de medida.

No Brasil, uma das empresas que vem desenvolvendo traçadores gráficos é a DIGICON. Fora das empresas, somente na Universidade de São Paulo (USP) foram desenvolvidos alguns traçadores.

Da década de 70 para cá, houve algumas inovações — do mais antigo ao mais recente — dos traçadores desenvolvidos na USP. Possivelmente em função do desenvolvimento da tecnologia de computadores e da própria finalidade de uso de cada um deles. No item 2.3.2 deste capítulo daremos mais informações sobre estes traçadores.

### **2.3 Traçador Gráfico Profissional**

De uma maneira geral os traçadores gráficos existentes no mercado nacional não são concebidos para fins educacionais. O projeto mecânico de construção destes traçadores é complicado e eles são normalmente projetados para serem usados por profissionais da área de engenharia, arquitetura e informática. Essas aplicações exigem um traçador que seja rápido, sofisticado, de alto desempenho, alta resolução, alta precisão, enfim, de grande performance.

Como a performance está ligada ao custo, estes traçadores profissionais, via de regra, têm um preço elevado, ou seja, proibitivo para as escolas. Portanto, um traçador profissional não tem sido usado em aplicações educacionais.

### **2.3.1 Performance do traçador gráfico profissional**

Na implementação de um traçador gráfico profissional é importante discutir, principalmente, a sua performance. A avaliação da performance é feita normalmente sob os seguintes aspectos: estrutura mecânica, software de controle, interface de comunicação com o computador, velocidade (quão rápido o traçador pode produzir/reproduzir um desenho), e tamanho (que é função do papel que o dispositivo utiliza, podendo ser A0, A1 ou A2) (Ghosh e Shi, 1991). Estes aspectos determinam a precisão e a sofisticação do dispositivo. A partir deles define-se um outro item, que normalmente interessa a todos usuários: o custo. A preocupação dos fabricantes de traçadores geralmente está voltada para a produção de um dispositivo que tenha boa precisão a um custo baixo. Dependendo da velocidade, do tamanho, e da sofisticação mecânica, o preço de um traçador gráfico profissional pode variar de 2.000 até 8.000 dólares (Computer Shopper, 1994). No caso do mercado nacional, um traçador pequeno, que utiliza papel do tamanho A4 (papel sulfite) custa em torno de 2.000 dólares.

### **2.3.2 Fabricantes de traçador gráfico profissional**

O traçador gráfico profissional é fabricado em grande escala por empresas da área de informática com fins comerciais (Hewlett Packard, Elektor Eletronics, Houston Instruments, Digicon, etc.). Além destes grandes fabricantes, alguns estudantes de pós-graduação implementam traçadores gráficos como objeto de suas teses em engenharia elétrica, na área de microeletrônica. O traçador implementado por Massola (1970), no Laboratório de Sistemas

Digitais da Escola Politécnica da USP (Poli), era interfaceado com um computador do tipo IBM 1130 e utilizado para plotar gráficos. O plotter de Rolim (1981), desenvolvido na Poli no departamento de Engenharia Elétrica, era interfaceado com um computador do tipo PDP 11/60 e foi construído para processamento de imagens e desenho de corte de máscaras de circuito integrado. O desenvolvido por Baba (1989), também na Poli, no departamento de Engenharia Elétrica, era interfaceado com um microcomputador e foi implementado para que os usuários de microcomputadores tivessem, além da impressora, uma ferramenta a mais para plotar gráficos.

Os fabricantes de traçador gráfico, normalmente, têm dois objetivos. Um deles é o mercadológico, que visa à construção de um dispositivo sofisticado para ser usado profissionalmente. E o outro, que podemos chamar de dedicado, visa à construção, geralmente pela universidade, de um traçador para executar uma tarefa específica de pesquisa na área técnica. Não existe no mercado nenhum traçador gráfico educacional, ou mesmo a preocupação dos fabricantes em implementar um traçador com esta finalidade.

É bom ressaltar também que, no Estado de São Paulo, pelo levantamento bibliográfico realizado, somente na USP o traçador gráfico foi tema de tese com enfoque técnico. Nem na Unicamp e nem na Unesp foram desenvolvidos teses sobre este assunto. Portanto não é tradição nas universidades estaduais paulistas o desenvolvimento deste tipo de ferramentas, muito menos com finalidades educacionais. Esta constatação, advinda do interesse de termos o computador interfaceado com diferentes dispositivos no contexto educacional, motivou-nos a trabalhar em um projeto de pesquisa cujo objetivo é a implementação de um traçador gráfico educacional.

## **2.4 Traçador Gráfico Educacional**

Quando pensamos na utilização de um traçador na escola, estamos pensando em um dispositivo não muito sofisticado, de mecânica simples (capaz de ser entendida pelas crianças), que seja robusto (passível de ser manipulado sem se quebrar facilmente), que tenha precisão média e custo baixo (para poder ser adquirido pelas escolas). Os traçadores profissionais existentes no mercado não têm estas características. Portanto, traçadores educacionais não estão à venda, temos que construí-los. Além disso, no nosso contexto, estamos pensando em um traçador cuja presença na escola irá enriquecer o ambiente de aprendizagem. Na medida em que este traçador for manipulado pelos alunos e propiciar o desenvolvimento de atividades que contribuam para a construção de conhecimento, teremos algum ganho pedagógico.

No contexto de utilização da linguagem de programação Logo, isto tudo implicará na construção de um traçador com algumas características especiais, que podem ser divididas em dois grupos: o primeiro diz respeito a performance e ao custo do dispositivo, e o segundo, ao enriquecimento do ambiente Logo.

### **2.4.1 A performance e o custo do dispositivo**

Com relação à performance e ao custo, podemos enumerar o seguinte:

1º - O traçador gráfico educacional terá uma performance razoável.

Isto quer dizer que este traçador terá precisão, boa velocidade de execução de desenho e será robusto. Este dispositivo deverá ter também uma mecânica simples no que se refere ao posicionamento da caneta em qualquer ponto dentro da sua área de trabalho, à troca de caneta

e à colocação de papel. A sua estrutura mecânica será aberta (transparente) para que o aluno visualize e entenda o seu mecanismo de funcionamento, para que ele tenha uma compreensão melhor do dispositivo em si e do desenho que estiver sendo processado nele.

2º - O traçador gráfico educacional terá um custo baixo.

Pelo fato de este traçador não ter a sofisticação de um traçador profissional, o seu custo será baixo o que o tornará passível de ser adquirido pelas escolas de 1º e 2º graus, públicas ou particulares.

#### 2.4.2 O ganho pedagógico

Como havíamos afirmado no capítulo I, acreditamos que uma das formas de contribuirmos para o enriquecimento do ambiente Logo é através da inserção neste ambiente do traçador gráfico educacional. Tal crença advém da suposição de que, durante a execução de um desenho no ambiente Logo com o traçador, possivelmente ocorrerá troca de idéias sobre o trabalho, entre os alunos, e entre estes e o professor. Além disso, o traçador propiciará uma interatividade durante o processo de execução, depuração e melhoria do produto final, pois o desenho em construção poderá ser visualizado no papel de modo exatamente igual ao da tela, proporcionando aos alunos subsídios para antecipar o produto final. Isto vai de encontro não só com a proposta de Seymour Papert, mas também com a de Margarete Axt, (1989), de que nos "micromundos" Logo, aluno e professor (facilitador) estão num mesmo plano, e se intercomunicam mediados pela máquina.

---

\*Micromundo é um ambiente que estimula a exploração de idéias e conceitos, onde se tem um **objeto**, uma **linguagem de programação** e uma **atividade** a ser realizada no computador. As atividades no "micromundo" envolvem resolução de problemas com suas respectivas descrições, execuções, reflexões e depurações.

Neste contexto, a intercomunicação é mais rica pois, ao desenvolver uma atividade com o traçador, estarão provavelmente em discussão questões relacionadas com programação, velocidade da caneta, beleza, estética do desenho, posicionamento deste no papel, e a própria simultaneidade da reprodução de um mesmo trabalho em dois espaços (tela e papel) diferentes.

Do ponto de vista pedagógico, podemos enumerar os seguintes ganhos:

1º- O traçador gráfico educacional ampliará a "porta de entrada" do Logo, no sentido de propiciar mais um objeto para o usuário manipular.

Isso significará incrementar e expandir a exploração de atividades espaciais desta linguagem, manipulando, além da Tartaruga de Tela, a caneta do traçador. Assim, o aluno poderá produzir, por exemplo, figuras como fractais com maior precisão no papel. Com isso, o desenho feito por ele será um trabalho que poderá ser mostrado aos seus pais e amigos exatamente como foi produzido pelo computador e com um bom grau de precisão e resolução.

2º- O traçador gráfico educacional permitirá a integração de desenhos.

Isso possibilitará juntar, numa mesma folha, desenhos feitos à mão e desenhos feitos no computador, propiciando a integração/comparação de dois trabalhos diferentes: um feito com regras e formalismos pré-definidos, e outro feito de forma mais solta. Ao integrar, numa mesma folha, dois desenhos diferentes, o aluno poderá juntar, por exemplo, um trabalho feito usando conceitos de geometria e matemática com outro feito usando conceitos como a estética e a beleza (desenho de um paisagista).

3º - O traçador gráfico educacional permitirá concomitância de desenhos.

Isso possibilitará que o desenho que está sendo feito na tela seja reproduzido concomitantemente no papel. A caneta segue os rastros da Tartaruga de Tela.

4º - O traçador gráfico educacional possibilitará outras manipulações da figura.

Isso permitirá uma complementação das manipulações que não podem ser feitas na tela, possibilitando que noções como simetria, projeção e perspectivas, entre outras, possam ser melhor exploradas pelos alunos: a figura reproduzida no papel pode ser dobrada em duas, colocada contra a luz, observada em vários ângulos, etc.

5º - O traçador gráfico educacional propiciará a manipulação de conceitos através da reprodução, no papel, da figura da tela.

Isso possibilitará a medida de ângulos, difícil de se fazer na tela, quando se usa instrumentos como régua, compasso, transferidor, esquadro, etc. O aluno terá assim, uma medida mais precisa de ângulos e mais um meio para auxiliar o estudo deste assunto.

A utilização do traçador para fazer desenhos em escalas diferentes poderá ajudar os alunos a entender a noção de proporcionalidade, uma vez que o dispositivo permite visualizar a tradução mecânica das operações de redução e ampliação. Isso dará ao aluno uma representação dinâmica desse fenômeno (mudança de escala), durante a execução do desenho, facilitando assim o entendimento deste conceito.

6º - O traçador gráfico educacional propiciará a expansão/diversificação das atividades a serem realizadas no ambiente Logo.

Além da exploração única e simples dos aspectos gráficos do Logo, o traçador poderá ser também utilizado para criar uma concatenação entre os diversos conteúdos. Por exemplo, o conceito de escala e proporcionalidade (matemática) na execução de mapas (geografia).

O dispositivo possibilitará também ao aluno acompanhar passo a passo o seu desenho, e assim se engajar num processo de depuração e reflexão durante a execução do seu trabalho. Esse processo certamente tornará a atividade de programar mais interessante, o que poderá também ampliar o horizonte a ser explorado no Logo gráfico e, com certeza, permitirá explorar mais a geometria da Tartaruga e também a programação em si.

As características citadas acima, a nosso ver, são qualidades desejáveis que um traçador gráfico educacional deverá ter. A implementação de um traçador com estas características, objeto desta tese, será discutida a partir do capítulo IV.

Além dos traçadores, uma outra ferramenta que é comumente utilizada para a reprodução do desenho da tela é a impressora, da qual faremos a seguir um breve histórico descrevendo de forma sucinta alguns de seus tipos.

## **2.5 Breve Histórico Sobre a Impressora**

A impressora surgiu por volta de 1960 (Norton, 1992), em substituição à máquina de escrever. De uma forma geral, a impressora é um dispositivo matricial, cuja unidade mínima é o ponto. Ela varre a tela e reproduz o conteúdo desta no papel. Durante o processo de reprodução do desenho ela não deve ser interrompida. Alguns fabricantes de impressora a nível internacional são: Apple, HP, IBM, Olivetti, etc

As impressoras existem nos seguintes tipos: Margarida, matricial, laser, a jato de tinta e colorida.

a) **Margarida** - A margarida está entre os primeiros tipos de impressora para computadores (Halliday, 1993). O seu dispositivo de impressão é uma roda em forma de margarida com os caracteres em cada uma das suas "pétalas". Para impressão de um caractere é necessário executar um giro e no momento em que o caractere se encontra diante do martelo, este bate produzindo a impressão. O dispositivo de impressão desta impressora guarda alguma semelhança com a máquina de escrever IBM.

b) **Matricial** - Este é o tipo mais comum e mais barato de impressora existente no mercado atualmente. A cabeça de impressão varre uma linha criando uma caixa de caracter com pontos de tinta em um padrão de matriz. O *driver* da impressão forma os caracteres a partir de um mapa de bits que pode estar embutido ou criado no computador e, posteriormente, reproduzido no papel. Nenhum processamento é feito em uma matricial, ela é totalmente controlada por computador. A impressora matricial movimenta o papel em uma direção e a cabeça de impressão em outra direção.

Este tipo de impressora cria caracteres batendo com uma série de pinos em uma fita com tinta. Esses pinos são pequenas varetas ou fios, mantidos em um tubo de posicionamento por meio de molas, de modo que retornam depois de atingir o papel. Quanto mais pino tiver, maior é a resolução da impressora. Alguns modelos desta impressora são capazes de imprimir a primeira linha no sentido convencional de esquerda para direita e a segunda linha no sentido não convencional da direita para esquerda, aumentando assim o rendimento da impressão.

c) **Laser** - Este tipo de impressora surgiu no mercado por volta de 1980 e é baseada no princípio xerográfico de máquinas copadoras, conhecidas como "Laser Jet". Ela é

denominada de laser porque, um raio de laser controlado por computador cria a imagem preliminar num tambor, que em seguida é transferida para o papel, semelhante ao processo utilizado na máquina xerox. Esta impressora normalmente utiliza um cartucho contendo toner (pó apropriado para impressão) e folhas soltas (papel tamanho carta). O laser escreve no tambor fotossensível e, em passadas sucessivas, o toner é aplicado no papel. A impressora laser tem a vantagem de ser silenciosa e oferecer uma impressão de boa qualidade.

**d) A Jato de Tinta** - Esta impressora usa um mecanismo de impressão totalmente diferente das outras. Nela, um cartucho ou tubo de impressão fornece a tinta, que é jogada sob pressão, através de minúsculos furos, para a cabeça de impressão. A maior parte destas impressoras é lenta, com saída de menos de duas páginas por minuto.

**f) Colorida** - Este tipo de impressora é o mais recente no mercado, e a tecnologia para impressão a cores ainda está em desenvolvimento. Porém, um dos modelos de impressora colorida existente no mercado funciona como a impressora a laser. Só que neste caso, o cartucho de toner possui quatro câmaras, cada uma contendo uma cor de toner diferente, ou jato de tinta de diferentes cores.

## 2.6 Diferença entre o Traçador e a Impressora

Como ferramenta para reprodução do desenho da tela no papel, um traçador difere em muitos aspectos da impressora, que também é um dispositivo que serve para reproduzir desenhos.

O traçador, tanto XY como o de tambor, se diferencia da impressora fundamentalmente, pelo fato de este permitir que o desenho seja interrompido e retomado a

qualquer instante. Como já havíamos mencionado, uma vez interrompida a impressora, dificilmente podemos fazê-la retomar o desenho no mesmo ponto; isso porque, é muito difícil para o usuário determinar em que ponto do papel o desenho começa a ser impresso.

O traçador difere da impressora ainda pelo fato de o primeiro ser um dispositivo vetorial, cuja unidade mínima é a reta, e a impressora, um dispositivo matricial, cuja unidade mínima é o ponto. Ou seja, no traçador a caneta pode reproduzir no papel, e de maneira simultânea, o desenho da tela; na impressora isto não acontece. A maneira como cada um destes dispositivos processa o desenho da tela é diferente. Um deles (a impressora) varre a tela para depois reproduzir o conteúdo da tela no papel e o outro não.

Em função dessas diferenças, podemos enumerar algumas vantagens e desvantagens do traçador e da impressora, relativas à reprodução de desenhos.

### **2.6.1 Vantagens e desvantagens do traçador**

São as seguintes as vantagens e desvantagens do traçador:

- 1ª- ótima resolução para desenhos;
- 2ª- permite interromper e retomar o desenho a qualquer instante;
- 3ª- reproduz o desenho enquanto este está sendo executado pelo computador;
- 4ª- permite reprodução de desenhos em cores diferentes (agora existem algumas impressoras com esta possibilidade também);

5ª- tem uma mecânica mais fácil de ser entendida devido à possibilidade de acompanhamento do movimento da caneta;

6ª- pode reproduzir o desenho em qualquer ponto do papel;

7ª- é lento, e não tem boa resolução para escrita.

### **2.6.2 Vantagens e desvantagens da impressora**

Quanto à impressora, as vantagens e desvantagens são:

1ª- ótima resolução para escrita e pouca precisão para desenho;

2ª- só reproduz o desenho depois que este está pronto na memória do computador;

3ª- reproduz o desenho de uma cor apenas (embora existam impressoras coloridas, em geral as mais utilizadas são de uma só cor);

4ª- não permite a escolha do local do papel onde reproduzir o desenho;

5ª - mecânica mais difícil de ser entendida, não dá para acompanhar o movimento das agulhas de impressão.

No próximo capítulo, apresentaremos o objetivo e a metodologia utilizada para construção de um traçador gráfico educacional.

## CAPÍTULO III

### 3. OBJETIVO E METODOLOGIA

À medida em que o computador vem sendo introduzido na escola e em todos os níveis de ensino, o enriquecimento do ambiente de aprendizagem baseado na utilização dessa ferramenta tem sido objeto de investigação de alguns pesquisadores. Isso tem motivado o desenvolvimento de diferentes pesquisas na área de informática educativa, relacionadas à formação de recursos humanos, e à utilização do computador no ensino das disciplinas de Matemática, Português, Desenho, Física, Psicologia, etc.

Uma reflexão sobre as inovações tecnológicas que vêm ocorrendo na sociedade nos leva a concluir que é importante a escola se aprimorar cada vez mais no uso não só do computador em si, mas também das diferentes tecnologias (fac-símile, vídeo cassete, rádio-amador, modem, cd-room, câmeras de vídeo, plotter, etc.) que, interconectadas ou em interação com o computador, possam propiciar a aquisição de informação e de conhecimento. Mesmo porque, estas tecnologias, já fazem parte do dia-a-dia de todos nós fora da escola. Isso tem merecido a atenção de alguns profissionais da área de informática educativa, originando pesquisas relacionadas com a construção/implementação de dispositivos interfaceáveis com o computador para finalidades educacionais.

### **3.1 Objetivo Geral**

Construir e avaliar um traçador gráfico para fins educacionais. A proposta de implementação e avaliação do traçador está baseada no fato de não existir no mercado um dispositivo deste tipo, com finalidades educacionais. Diferentemente do traçador gráfico profissional, que exige grande precisão, maior sofisticação e conseqüentemente um preço mais elevado, o nosso objetivo é implementar um dispositivo de precisão média, de baixo custo, passível de ser adquirido pela escola pública e particular, principalmente a nível de 1º e 2º graus.

#### **3.1.1 Objetivo específico**

Os objetivos específicos quanto à construção e verificação do uso do traçador podem ser divididos em:

##### **3.1.1.1 Implementação do hardware.**

Projetar e montar os diferentes circuitos e chaves que fazem parte da interface de comunicação do traçador gráfico.

##### **3.1.1.2 Implementação do projeto mecânico.**

Projetar e construir os diversos protótipos mecânicos para conversão do movimento giratório do motor em deslocamento da caneta, construir as diversas peças mecânicas e montar a estrutura mecânica do traçador.

### **3.1.1.3 Implementação do software.**

Desenvolver o software para a comunicação microcomputador/traçador e o software de controle concomitante da Tartaruga de Tela e da caneta.

### **3.1.1.4 Testes de avaliação e desempenho de bancada.**

Verificar a performance tanto mecânica quanto eletrônica do traçador, através do uso ostensivo deste. Eliminar "bug". Fazer alterações/correções no hardware, no software e na mecânica.

### **3.1.1.5 Utilização do traçador na escola.**

Mostrar aos alunos e professores como utilizar o traçador. Acompanhar a utilização do traçador por eles e avaliar os resultados.

## **3.2 Metodologia**

A metodologia utilizada para construir o traçador pode ser dividida em cinco partes: desenvolvimento do hardware, do projeto mecânico e do software; teste de avaliação e desempenho de bancada e utilização do traçador na escola. A seguir, descreveremos cada uma das partes.

### **3.2.1 Desenvolvimento do hardware**

O desenvolvimento do hardware consistiu na montagem dos circuitos para controle: de motor de passo, de solenóide, de posição da caneta no modo local, de fim de curso da régua e do estado da interface.

### **3.2.2 Desenvolvimento do projeto mecânico**

O desenvolvimento deste projeto consistiu em projetar e construir as diversas peças para montagens de protótipos mecânicos que possibilitassem a conversão do movimento giratório do motor em deslocamento da régua. Feito isso, montou-se a estrutura mecânica do traçador.

### **3.2.3 Desenvolvimento do software**

Consistiu em implementar o software de controle, que possibilitava acionar o motor de passo, o sensor, e o solenóide a partir do microcomputador. Inicialmente foi implementado um programa em linguagem de máquina, utilizando assembler Z80, (Leventhal, 1979) objetivando somente o acionamento do motor via microcomputador, através do algoritmo de Bresenham para geração de retas em dispositivos vetoriais. Posteriormente, foram criados procedimentos em Logo, que acionavam tanto a Tartaruga de Tela quanto a caneta do traçador e, finalmente, foram desenvolvidos os comandos específicos para o traçador.

### **3.2.4 Teste de avaliação e de desempenho de bancada**

Durante o processo de implementação do hardware, do software e da estrutura mecânica do traçador, foram feitos testes de bancada, para avaliação do desempenho do dispositivo, visando efetuar alterações e correções necessárias. Uma vez implementado o dispositivo, estes testes consistiram na sua utilização durante algum tempo, de forma a que se pôde avaliá-lo sob os seguintes aspectos: robustez da estrutura mecânica, utilização das chaves de controle, troca da caneta e do papel, performance da interface eletrônica de comunicação e os comandos implementados.

### **3.2.5 Utilização do traçador na escola**

O traçador foi utilizado no período de 03/03/93 a 22/04/93, em sessões de 4 horas, duas vezes por semana, por alunos de 6ª série do 1º grau e 3ª série do 2º grau, na escola EEPSPG João XXIII, de Americana, SP. Eles trabalharam com o traçador nas aulas de matemática, reproduzindo figuras da tela do computador que envolviam conceitos de ângulos e de escala. Neste período, na interação com os alunos, o traçador foi avaliado sob os seguintes pontos de vista: educacional, performance, (tanto mecânica quanto eletrônica), utilização dos comandos implementados, manipulação da ferramenta em si, e troca do papel e da caneta.

Embora possamos descrever o processo de construção deste dispositivo em partes, na realidade este processo foi algo que aconteceu de forma mais dinâmica, em que pequenas mudanças em alguns itens do projeto implicaram muitas vezes em reestruturação do mesmo como um todo. No próximo capítulo faremos a descrição deste dispositivo.

## CAPÍTULO IV

### 4. DESCRIÇÃO DO TRAÇADOR GRÁFICO EDUCACIONAL

O traçador gráfico educacional é um dispositivo eletromecânico que tem uma área útil de 33×23 cm e utiliza dois motores de passo nacionais, do tipo híbrido SM 1,8° fabricado pela SINGER. Este dispositivo é composto de três partes: uma interface eletrônica, uma estrutura mecânica e um software para controle do mesmo através de microcomputador, com a linguagem Logo para microcomputadores da linha MSX (Pierluigi, 1989). Em seguida descreveremos a composição de cada uma das partes.

#### 4.1 Interface Eletrônica

A interface eletrônica do traçador consiste fisicamente de uma caixa de material plástico, com 23×17×7,5 cm de tamanho e 1,5 Kg de peso.

##### 4.1.1 Aspecto externo da interface

Externamente (veja figura 1), a interface é composta de um conjunto de chaves e conectores, que estão distribuídos da seguinte forma:

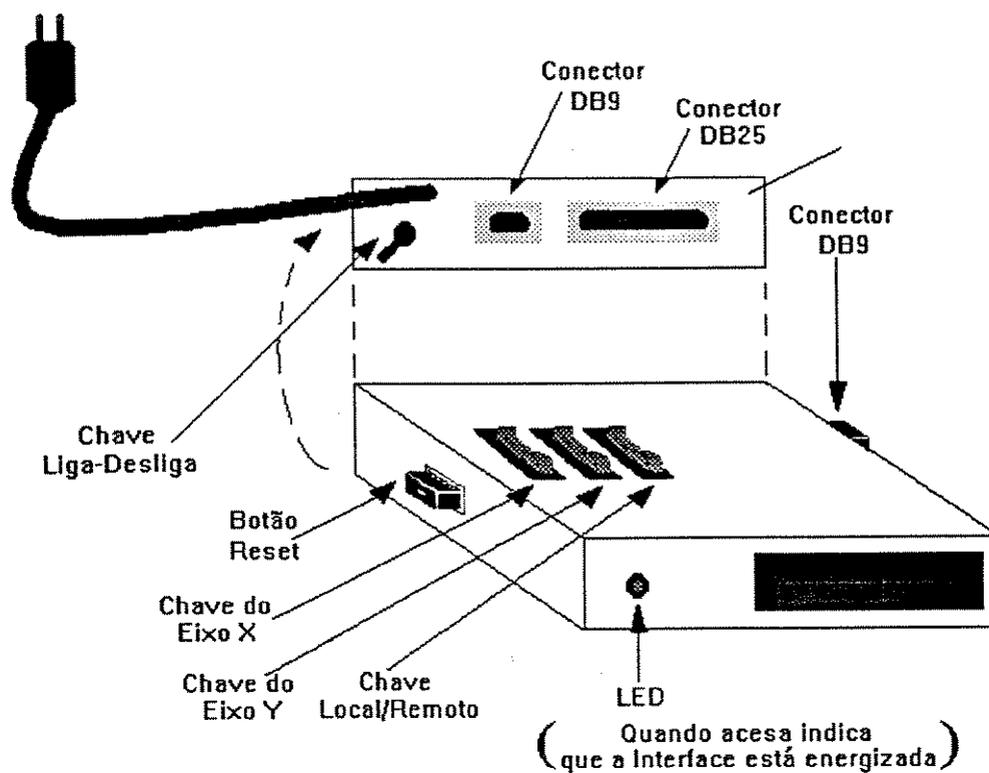


figura 1

Ainda externamente (veja figura 2), a interface tem: uma parte frontal, uma superior, uma posterior, uma lateral direita, uma lateral esquerda e uma inferior.

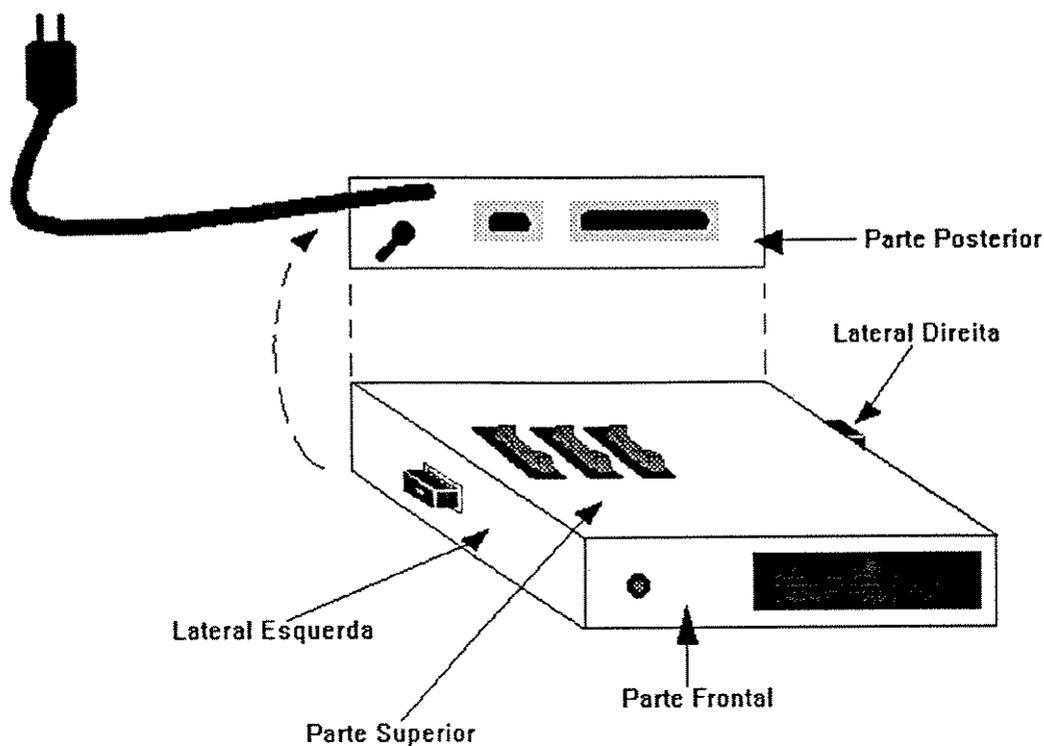


figura 2

#### 4.1.2 Aspecto interno da interface

Internamente a interface contém as seguintes partes:

**circuito para controle do motor de passo** - gera as seqüências de passos necessárias para o motor girar no sentido horário ou anti-horário;

**circuito para controle do estado da interface** - faz a leitura de um certo valor que indica se a interface do traçador está ligada ou não;

**circuito para controle de solenóide** - abaixa ou levanta a caneta do traçador;

**circuito para controle de posição da caneta no modo local** - posiciona a caneta em qualquer ponto, dentro da área de trabalho do traçador, quando este não está sendo controlado pelo microcomputador;

**circuito de controle de fim de curso da régua** - desativa o(s) motore(s) cada vez que a régua tende a se deslocar para além da área de trabalho do traçador.

Detalhes sobre a implementação destes circuitos serão discutidos no capítulo V.

#### **4.1.2.1 Na parte frontal**

**"LED"** - Uma luz que, quando acesa, indica que a interface está ligada.

#### **4.1.2.2 Na parte superior**

**Chave local/remoto** - Esta chave serve para a movimentação da régua no modo local ou remoto. A chave local/remoto é do tipo gangorra comum. Quando pressionada na extremidade local — conforme a indicação ao lado da mesma —, ativa o solenóide e levanta a caneta. Na extremidade remoto, desativa o solenóide e abaixa a caneta, passando o controle para o microcomputador.

**Chave do eixo X** - Esta chave serve para controlar o motor do eixo X (da abscissa).

**Chave do eixo Y** - Esta chave serve para controlar o motor do eixo Y (da ordenada).

A chave do eixo X, assim como a do eixo Y, são do tipo gangorra permanentemente desligada e atuam quando pressionadas numa das extremidades. Estas chaves estão posicionadas uma do lado da outra (veja figura 1) e atuam somente quando a chave local/remoto está no modo local. Por exemplo, quando pressionada a chave X, na extremidade X positivo ou negativo, a caneta do traçador se desloca somente no eixo X positivo ou negativo. Este deslocamento é o mesmo para a régua, se pressionada a chave Y. Quando as duas chaves são pressionadas, simultaneamente na mesma extremidade, por exemplo, em X positivo e Y positivo, a caneta se desloca no sentido X positivo, e a régua no sentido Y positivo. Quando as chaves são pressionadas, simultaneamente em extremidades diferentes, por exemplo, X positivo e Y negativo, a régua se desloca no sentido X positivo e a caneta no sentido Y negativo, ou vice-versa.

#### **4.1.2.3 Na parte lateral direita**

**Conector do tipo trapezoidal DB 9** - Serve para conectar ao traçador os acopladores ópticos, que controlam o fim do curso da régua.

#### **4.1.2.4 Na parte posterior**

**Chave liga/desliga** - Esta chave é do tipo alavanca e serve para a alimentação da interface.

**Cabo de alimentação** - Serve para ligar a interface na rede elétrica de 110 ou 220 volts.

**Conector do tipo trapezoidal DB 9** - Serve para conectar a interface ao microcomputador, o que se faz utilizando um cabo, tendo em uma das extremidades um conector trapezoidal DB 9 e na outra extremidade um conector do tipo P26, que conecta a interface ao microcomputador MSX "Expert" da GRADIENTE (veja a figura 3). Esta figura mostra também a conexão completa da interface.

**Conector trapezoidal DB 25** - Serve para conectar a interface ao traçador.

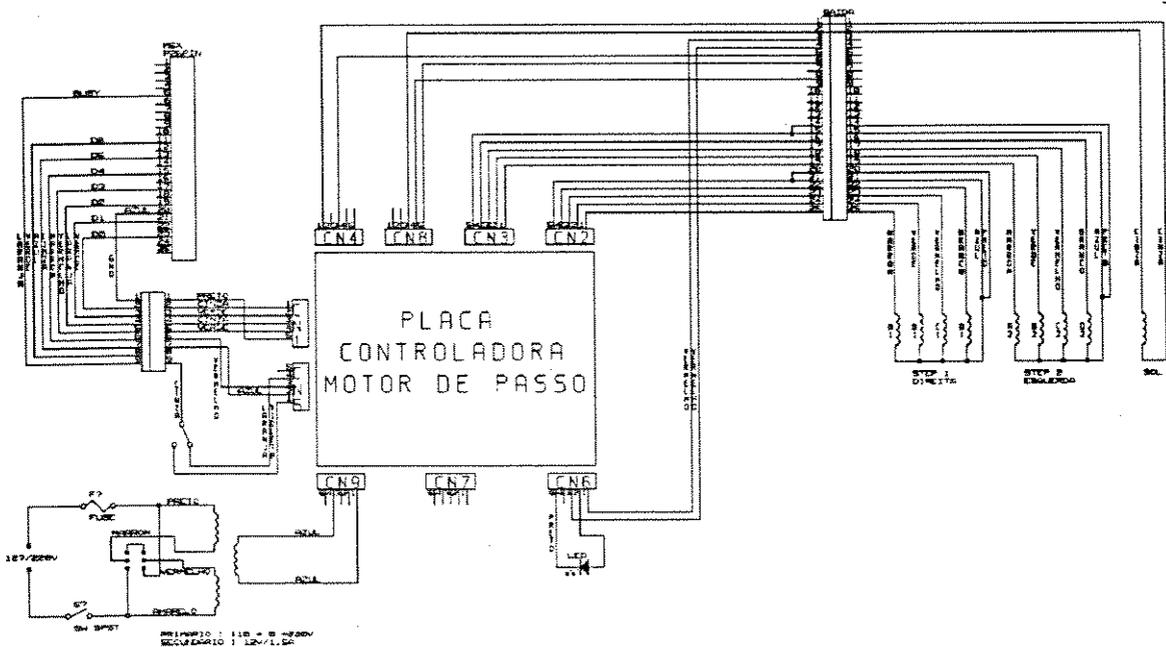


figura 3

#### 4.1.2.5 Na parte lateral esquerda

**Botão "reset"** - Serve para reinicializar a interface sem precisarmos desligá-la e ligá-la novamente.

#### 4.1.2.6 Na parte inferior

**Chave de alimentação** - Serve para mudar a tensão de alimentação da interface, conforme a rede seja de 110 ou 220 volts.

### 4.2 Estrutura Mecânica

A estrutura mecânica (veja figura 4) pesa 3,75 Kg. Ela é composta basicamente de duas correias dentadas, dois motores de passo, (um para o eixo X e outro para o eixo Y) um solenóide com o suporte da caneta, uma régua e uma base.

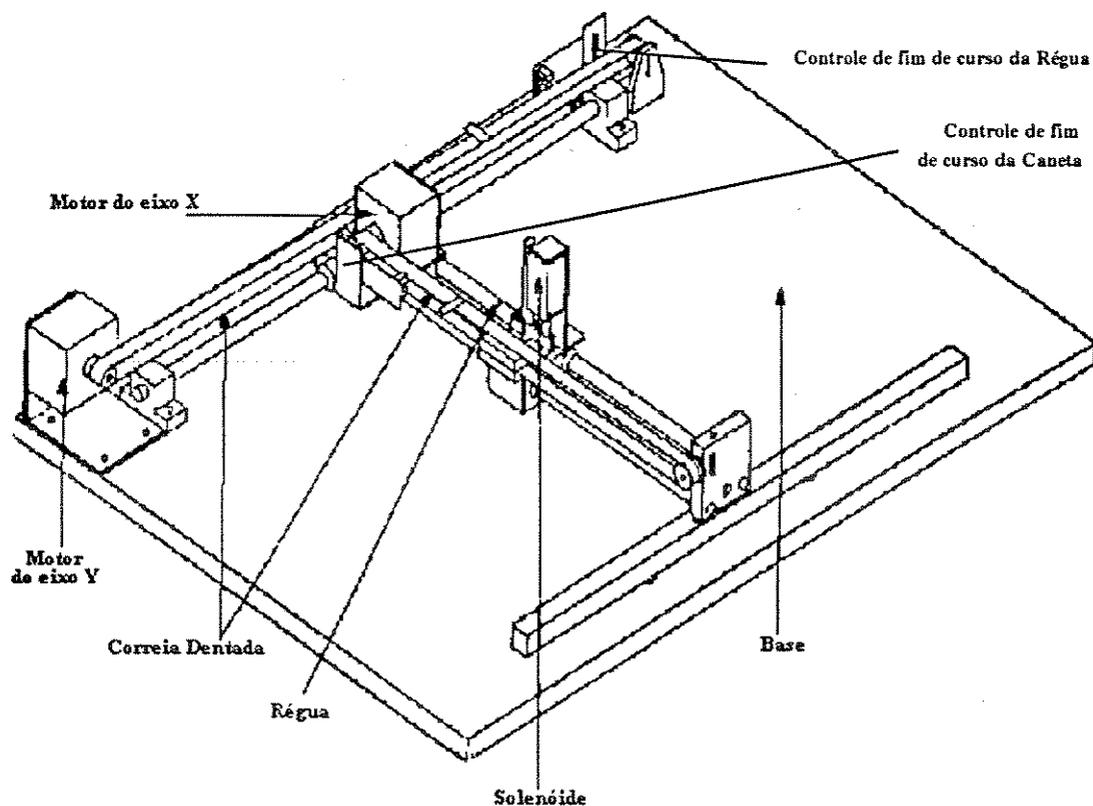


figura 4

**Correias dentadas** - Servem para transmitir o movimento giratório do motor.

**Motor do eixo X** - O movimento giratório deste motor permite que o conjunto que suporta a caneta e o solenóide se desloquem no sentido X, positivo ou negativo. A transmissão do giro do motor, para o conjunto que suporta a caneta e o solenóide é feita pela correia dentada de borracha. Este motor está fixado sobre a régua.

**Motor do eixo Y** - O movimento giratório deste motor permite que a régua se movimente no sentido Y positivo ou negativo. A transmissão do giro do mesmo para a régua também é feita por correia dentada de borracha. Este motor está fixado sobre a base do traçador.

**Solenóide** - É o componente eletromecânico que abaixa/levanta a caneta do traçador. Este componente e o suporte da caneta estão fixados sobre a régua e se movimentam juntamente com ela.

**Régua** - Serve de suporte e transporte da caneta. Ela é composta de dois eixos de alumínio retificados sobre os quais se fixa o motor da abscissa. Uma extremidade desta se apoia sobre uma barra de aço inox retificada, presa à base do traçador, e a outra extremidade sobre um eixo, que é também de aço inox.

**Base** - A base serve de apoio do traçador, serve também de mesa do traçador, ou seja, de espaço para fixar o papel. Todo o sistema mecânico do traçador é preso sobre ela. A base é feita de madeira coberta com fórmica e tem 50×40×2 cm de tamanho.

Outros componentes como a chapa de alumínio, que fixa o motor à mesa; polia, que suporta a correia dentada; pinos de bronze, que suportam a barra de aço, etc., não serão

descritos aqui. Na figura 5, apresentamos os componentes já descritos e, todos os outros que fazem parte do traçador gráfico educacional. As dimensões de todos eles estão representadas nesta figura.

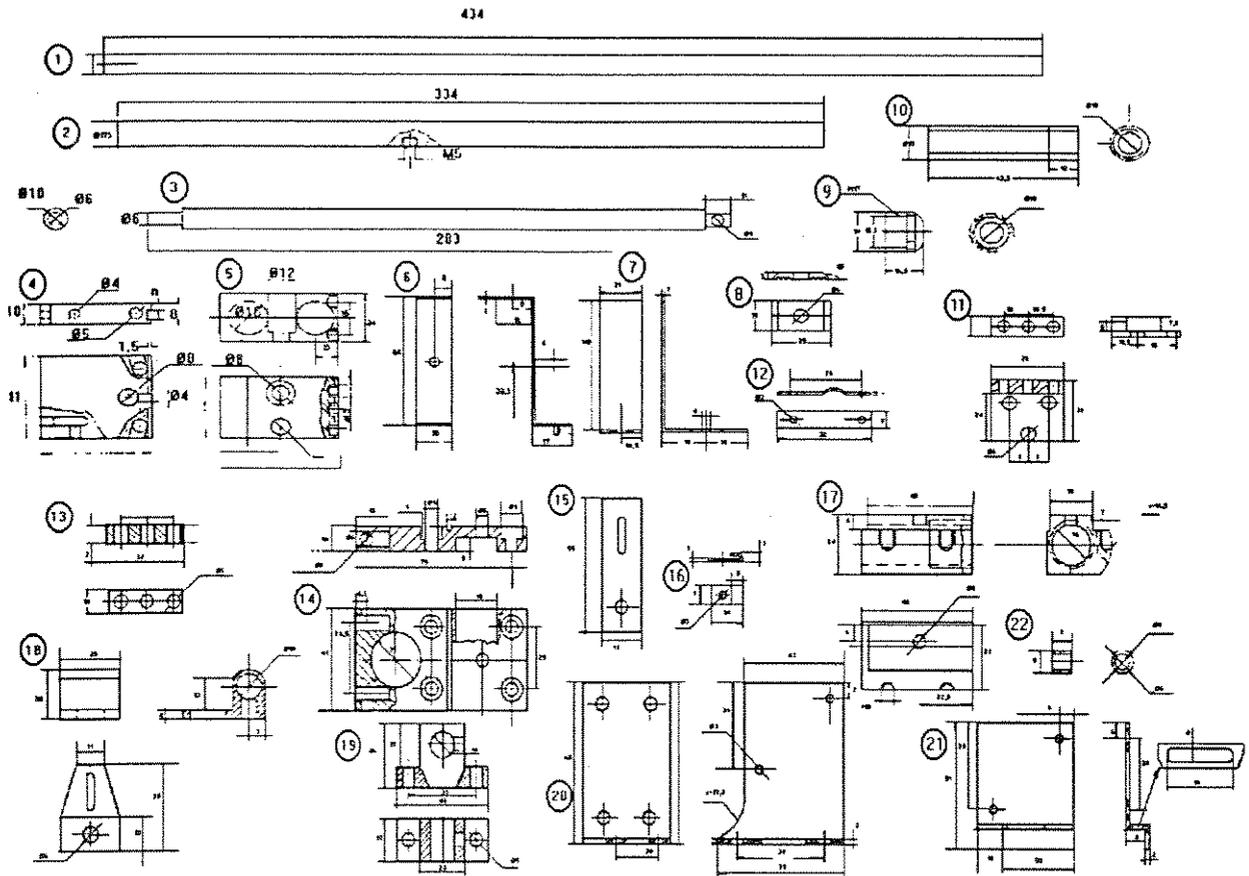


figura 5

**LEGENDA DA FIGURA 5**

- 1 - Eixo de aço retificado
- 2 - Barra de aço retificada para apoio
- 3 - Eixo de aço retificado
- 4 - Mancal de alumínio para sustentação do eixo
- 5 - Suporte da bucha
- 6 - Chapa de aço para suporte e fixação do solenóide
- 7 - Chapa de zinco para suporte do dispositivo que determina o fim de curso da régua (eixo X)
- 8 - Presilha para a correia dentada do eixo Y
- 9 - Tampa de alumínio para proteção e fixação do embuchamento do eixo Y
- 10 - Suporte de embuchamento
- 11 - Suporte para presilha da correia dentada do eixo X
- 12 - Presília da caneta e do êmbolo do solenóide
- 13 - Presilha da correia dentada do eixo X
- 14 - Bloco suporte da bucha
- 15 - Chapa de alumínio para suporte do dispositivo que determina o fim de curso da régua (eixoY)
- 16 - Presilha
- 17 - Suporte da bucha
- 18 - Suporte da polia da correia dentada (eixo Y)
- 19 - Mancal do (eixo Y)
- 20 - Suporte de fixação do motor eixo Y
- 21 - Suporte de fixação do motor eixo X
- 22 - Bucha de apoio

### **4.3 Software para Controle do Traçador Gráfico Educacional**

O software de controle do traçador pode ser descrito em três partes: a comunicação microcomputador/traçador, controle concomitante da Tartaruga de Tela e da caneta e os comandos especiais.

**Comunicação microcomputador/traçador** - Esta comunicação é o controle de dois motores de passo e de um solenóide a partir do microcomputador para, mover a caneta  $n$  passos numa dada direção  $d$ , a partir do ponto corrente, e mover a caneta para a coordenada  $(X Y)$  do traçador.

**Controle concomitante da Tartaruga de Tela e da caneta** - Este controle permite a conversão dos comandos Logo originais, que só acionavam a Tartaruga de Tela, em comandos que acionam a Tartaruga e a caneta ao mesmo tempo.

**Comandos especiais** - São comandos específicos do traçador, criados para permitir ativar/desativar e verificar/alterar a escala deste dispositivo.

### **4.4 Custo do Traçador Gráfico Educacional**

A construção da estrutura mecânica pode ser avaliada em torno de US\$ 130. A montagem da interface, em torno de US\$ 70. Isso perfaz um custo total de, aproximadamente, 200 dólares. Este custo ainda é relativamente alto, em se tratando de uma ferramenta que deverá ser adquirida por escolas. Entretanto, ele representa o custo de um único exemplar. A medida que se fizer necessário a construção de vários exemplares, o processo de produção terá que ser sistematizado de modo a diminuir o custo final.

Os tópicos apresentados aqui serão retomados no capítulo V quanto aos seguintes pontos de vista: processo de implementação/construção, avaliação e desempenho de bancada, o hardware e software e a mecânica.

## CAPÍTULO V

### 5. DETALHES DE IMPLEMENTAÇÃO E VERIFICAÇÃO DE BANCADA DO TRAÇADOR GRÁFICO EDUCACIONAL

Do ponto de vista técnico, na implementação de qualquer dispositivo eletromecânico capaz de ser controlado pelo computador, é preciso construir/implementar a interface de comunicação, a estrutura mecânica e o software de controle deste dispositivo. Além disso, durante o processo de implementação, ocorrem falhas "bugs", que normalmente são verificadas, analisadas e corrigidas. No caso do traçador não foi diferente. Por isso, apresentaremos em seguida a implementação da interface de comunicação, da estrutura mecânica e do software deste traçador, enfocando as alterações e correções efetuadas no desenvolvimento do mesmo.

#### 5.1 Implementação da Interface de Comunicação

A implementação da interface para a comunicação microcomputador/traçador consistiu principalmente em desenvolver um conjunto de circuitos eletrônicos que permitissem o controle do dispositivo em si, a partir de comandos enviados/recebidos pelo microcomputador. Esta implementação teve como base o desenvolvimento dos seguintes circuitos: **circuito para controle do motor de passo** - gera as seqüências de passos necessárias para o motor girar no sentido horário ou anti-horário; **circuito para controle do estado da interface** - faz a leitura de um certo valor, que indica se a interface do traçador está ligada ou não; **circuito para controle de solenóide** - abaixa ou levanta a caneta do traçador; **circuito para controle de posição da caneta no modo local** - posiciona a caneta em

qualquer ponto, dentro da área de trabalho do traçador, quando este não está sendo controlado pelo microcomputador; **circuito de controle de fim de curso da régua** - desativa o(s) motore(s) cada vez que a régua tende a se deslocar para além da área de trabalho do traçador. Todos estes circuitos foram implementados gradativamente, à medida que o traçador foi sendo desenvolvido. Passaremos em seguida a descrevê-los.

### **5.1.1 Circuito para controle do motor de passo**

Dos circuitos citados acima este teve a implementação mais demorada devido a nossa pouca familiaridade, até então, para trabalhar com motores desse tipo. A implementação deste circuito envolveu, antes de tudo, um estudo de motores de passo em geral (Newcomb, 1980). O motor de passo converte uma seqüência de pulsos em movimentos angulares. Comparado com o motor de corrente contínua, o motor de passo apresenta várias vantagens, como a mecânica simples, que permite trabalhar em malha aberta, e portanto não necessita de realimentação para controlar a posição e/ou a velocidade; não acumula erro de posição, etc. (Kuo, 1979). No anexo I, apresentaremos mais algumas vantagens do motor de passo em relação ao motor de corrente contínua.

Uma primeira implementação de circuito para controle de motores de passo foi feita utilizando-se de Flip-Flop tipo **D** (The TTL Data Book, 1979). Uma vez que conhecíamos a tabela verdade deste componente, e o funcionamento do temporizador **555**, montamos o circuito da figura 6.

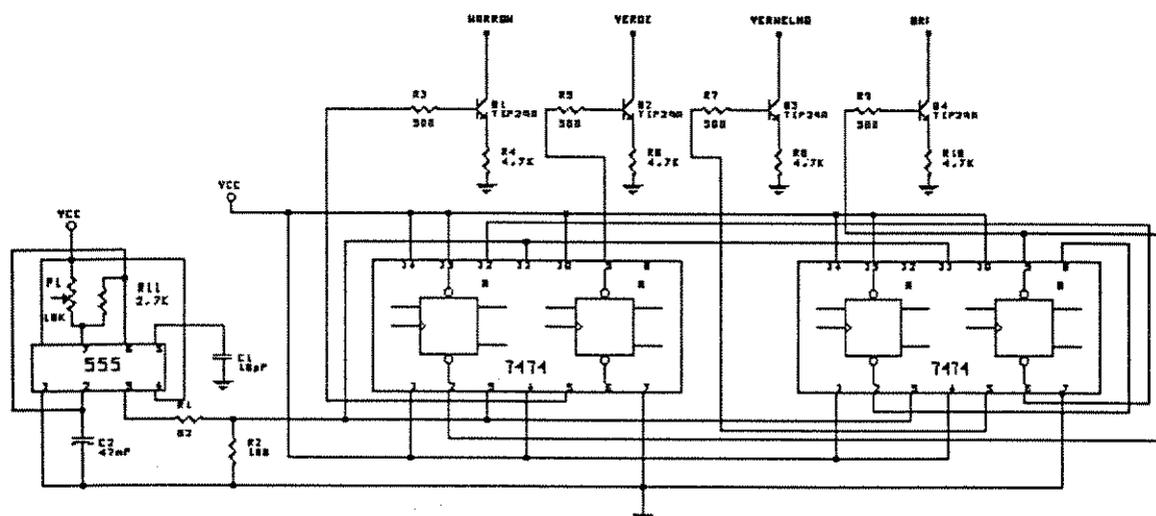


figura 6

Este circuito ainda não era controlado por microcomputador. Os pulsos gerados pelo 555 tinham uma frequência de aproximadamente 200 HZ e funcionavam como o **CLOCK** para o Flip-Flop, que gerava a seqüência de passos. Quando conectado ao circuito, o motor girava. Além de outras limitações, como a dificuldade na inicialização da seqüência de passo e no controle manual (sem o microcomputador) do motor, este circuito só permitia o giro do mesmo em um sentido.

Uma vez entendido na prática o funcionamento do motor, e cientes das limitações que tínhamos no circuito implementado até então, passamos a trabalhar na implementação de um outro circuito, que suprisse as limitações encontradas e que, sobretudo, permitisse o controle do motor por microcomputador.

Do ponto de vista de controle do motor através do microcomputador, o projeto consistiu em implementar um circuito lógico-digital-sequencial, com as seguintes características: ser controlado através de microcomputador, gerar os quatro sinais de

excitação do motor e, possibilitar o giro do motor no sentido horário e anti-horário (Malvino, 1987). Para a implementação de um circuito com estas características, foram necessários: montar a tabela de estado para cada sentido de rotação; a partir da tabela montar os mapas de Karnaugh e, através destes mapas, obter as funções lógicas que determinam o tipo de circuito a ser montado (Idoeta e Capuano, 1982).

### 5.1.1.1 Construção da tabela de estado para o sentido horário

A partir da seqüência de fases de rotação do motor no sentido horário, fornecida pelo fabricante, foi estabelecida uma nova seqüência supondo o deslocamento de 1 passo no motor. Portanto, para uma seqüência inicial "9, 12, 6 e 3" (em binário), para um giro de um passo, a seqüência seguinte passa a ser: "12, 6, 3 e 9". Assumindo que a seqüência inicial ocorreu no instante Q3; Q2; Q1; Q0; e que, a seqüência seguinte deve ocorrer no instante Q3'; Q2'; Q1'; Q0'. Para esta configuração de seqüências de passo, o Flip-Flop tipo JK foi o componente discreto escolhido para a montagem da tabela de estados, uma vez que a tabela verdade deste componente se adequou à seqüência de passos do nosso motor. Com auxílio da tabela verdade do Flip-Flop JK, foi construída a seguinte tabela de estados para o sentido horário:

Q3	Q2	Q1	Q0	Q3'	Q2'	Q1'	Q0'	Q3	Q3'	J3	K3	Q2	Q2'	J2	K2	Q1	Q1'	J1	K1	Q0	Q0'	J0	K0
1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	X	1	0	0	0	X	0	1	1	X	1	1	X	0
0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	X	0	1	1	X	1	1	X	0	1	0	X	1
0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	X	1	1	X	0	1	0	X	1	0	0	0	X
1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	X	0	1	0	X	1	0	0	0	X	0	1	1	X

### 5.1.1.2 Mapas de Karnaugh para o sentido horário

Uma vez montada a tabela de estados, foram construídos os mapas de Karnaugh para as variáveis **J3 K3**; **J2 K2**; **J1 K1** e **J0 K0**, levando em conta o estado onde estas variáveis assumiam o valor lógico 0 ou 1. Os outros estados foram considerados irrelevantes, e um valor hipotético x foi atribuído a eles. Os mapas são:

	00	01	11	10
00	X	X	0	X
01	X	X	X	1
11	X	X	X	X
10	X	X	X	X

$$J3=MQ2$$

	00	01	11	10
00	X	X	X	X
01	X	X	X	X
11	0	X	X	X
10	X	1	X	X

$$K3=MQ0$$

	00	01	11	10
00	X	X	1	X
01	X	X	X	X
11	X	X	X	X
10	X	0	X	X

$$J2=MQ1$$

	00	01	11	10
00	X	X	X	X
01	X	X	X	0
11	1	X	X	X
10	X	X	X	X

$$K2=MQ3$$

	00	01	11	10
00	X	X	X	X
01	X	X	X	X
11	0	0	X	X
10	X	1	X	X

$$J1=MQ0$$

	00	01	11	10
00	X	X	0	X
01	X	X	X	1
11	X	X	X	X
10	X	X	X	X

$$K1=MQ2$$

	00	01	11	10
00	X	X	X	X
01	X	X	X	0
11	1	X	X	X
10	X	X	X	X

J0=MQ3

	00	01	11	10
00	X	X	1	X
01	X	X	X	X
11	X	X	X	X
10	0	X	X	X

K0=MQ1

### 5.1.1.3 Construção da tabela de estado para o sentido anti-horário

Para o sentido anti-horário, a partir da seqüência de fases de rotação do motor, foi estabelecida a nova seqüência supondo o deslocamento de 1 passo no motor, só que no sentido inverso. Inicialmente, a seqüência (em binário) era "9, 12, 6 e 3". Supondo que o motor girou um passo, a seqüência seguinte passou agora a ser "3, 6, 12 e 9". Assumimos outra vez que a seqüência inicial ocorreu no instante Q3; Q2; Q1; e Q0 e que a seqüência seguinte ocorreu no instante Q3'; Q2'; Q1' e Q0'. Também com auxílio da tabela verdade do Flip-Flop JK, foi construída a seguinte tabela de estados para o sentido anti-horário:

Q3	Q2	Q1	Q0	Q3'	Q2'	Q1'	Q0'	Q3	Q3'	J3	K3	Q2	Q2'	J2	K2	Q1	Q1'	J1	K1	Q0	Q0'	J0	K0
1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	X	0	0	1	1	X	0	0	0	X	1	0	X	1
1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	X	1	1	1	X	0	0	1	1	X	0	0	0	X
0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	X	1	0	X	1	1	1	X	0	0	1	1	X
0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	X	0	0	0	X	1	0	X	1	1	1	X	0

### 5.1.1.4 Mapas de Karnaugh para o sentido anti-horário

Também de modo análogo ao sentido horário, foi montada a tabela de estados, e implementado o mapa de Karnaugh para as variáveis **J3 K3**; **J2 K2**; **J1 K1** e **J0 K0**, levando em conta o estado onde estas variáveis assumiam o valor lógico 0 ou 1. Os outros estados foram também considerados irrelevantes, e um valor hipotético x foi atribuído a eles. Os mapas são:

	00	01	11	10
00	X	X	1	X
01	X	X	X	0
11	X	X	X	X
10	X	X	X	X

$$J3=MQ2$$

	00	01	11	10
00	X	X	X	X
01	X	X	X	X
11	1	X	X	X
10	X	0	X	X

$$K3=MQ0$$

	00	01	11	10
00	X	X	0	X
01	X	X	X	X
11	X	X	X	X
10	X	1	X	X

$$J2=MQ1$$

	00	01	11	10
00	X	X	X	X
01	X	X	X	1
11	0	X	X	X
10	X	X	X	X

$$K2=MQ3$$

	00	01	11	10
00	X	X	X	X
01	X	X	X	X
11	1	X	X	X
10	X	0	X	X

$$J1=MQ0$$

	00	01	11	10
00	X	X	1	X
01	X	X	X	0
11	X	X	X	X
10	X	X	X	X

$$K1=MQ2$$

	00	01	11	10
00	X	X	X	X
01	X	X	X	1
11	0	X	X	X
10	X	X	X	X

**J0=MQ3**

	00	01	11	10
00	X	X	0	X
01	X	X	X	X
11	X	X	X	X
10	1	X	X	X

**K0=MQ3**

Na montagem das tabelas, uma quinta variável, representada pela letra **M**, foi acrescentada às variáveis **Q3**, **Q2**, **Q1** e **Q0**, que definem a seqüência de passos do motor, para que fosse possível definir também o sentido de rotação do mesmo. Esta quinta variável na verdade determina em que sentido o motor deve girar quando este for ativado.

Da tabela de estados e dos mapas, foi possível determinar as seguintes funções lógicas para montagem do circuito:

$$\begin{aligned}
 J_3 &= M \oplus Q_2 & J_2 &= M \oplus Q_1 & J_1 &= M \oplus Q_0 & J_0 &= M \oplus Q_3 \\
 K_3 &= M \oplus Q_0 & K_2 &= M \oplus Q_3 & K_1 &= M \oplus Q_2 & K_0 &= M \oplus Q_1
 \end{aligned}$$

Obtidas as funções lógicas, e de posse dos componentes lógicos que executam estas funções, montamos o circuito da figura 7 (Taub e Schilling, 1982).

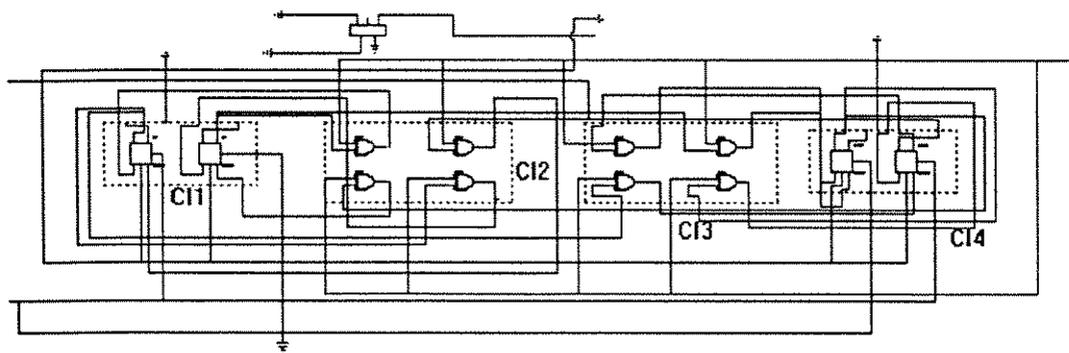


figura 7

Este circuito já permitia o controle do motor a partir do microcomputador. Porém, persistia o problema na inicialização da seqüência de passos do motor (apresentado no circuito da figura 6) e, além disso, o circuito da figura 7 apresentava outras falhas, como por exemplo: baixa potência no motor e aquecimento das bobinas na ausência de pulsos. Estas passaram então a ser as falhas mais graves detectadas naquele momento de desenvolvimento do projeto e, que portanto, precisavam ser corrigidas.

Para corrigir as falhas, foi projetado o circuito da figura 8.

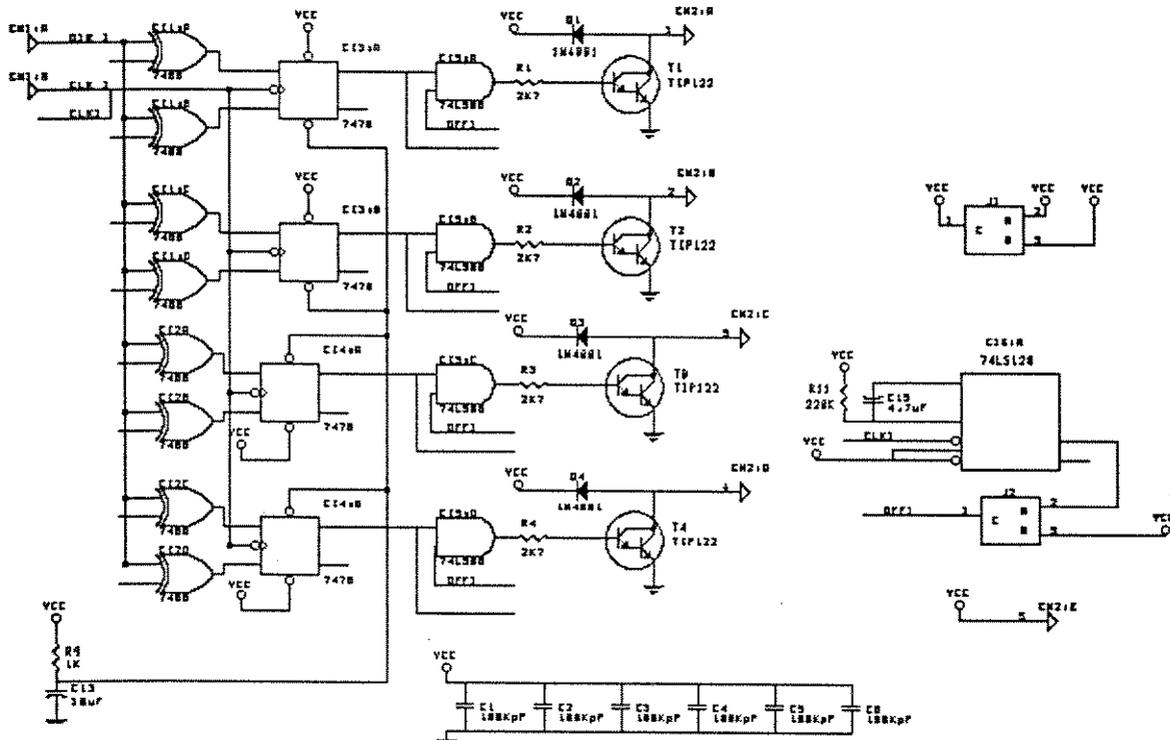


figura 8

Para solucionar o problema da falta de seqüência de inicialização, os componentes CI1 e CI4, (veja figura 7), que são Flip-Flops Jk "7473" sem entrada **PRESET**, foram substituídos por CI3:A, CI3:B, CI4:A e CI4:B, que são Flip-Flops JK "7476" com entrada **PRESET** (Winzer, 1992). A entrada **PRESET**, permite que, ao se ligar o circuito, um estado inicial seja definido. Ou seja, o pino 2 do CI3:A e o pino 7 do CI3:B terão nível lógico 1; o pino 2 do CI4:A e o pino 7 do CI4:B terão nível lógico 0. Estes níveis determinam o estado inicial 0 0 1 1 (em binário), que é um dos estados da seqüência de passos do motor.

Para solucionar o problema de aquecimento das bobinas com o motor parado, os CIs (CI5:A, CI5:B, CI5:C, CI5:D e o CI6:A) (veja figura 8) foram acrescentados ao circuito.

O **CI6:A (74123)** permite que as portas **CI5** funcionem como uma chave que está permanentemente desligada, e que só é ligada quando for enviado por alguns segundos o sinal de **CLOCK**. Portanto, na ausência de **CLOCK**, as saídas das portas **CI5** cairão para o nível lógico 0, os **TIPs 122 (drives)** que se conectam com as bobinas do motor permanecerão cortados e estas, conseqüentemente desenergizadas. Isso ocorre enquanto o **CI6:A** não recebe um outro sinal de **CLOCK**.

Para o circuito da figura 8, os sinais de entrada são: o de direção (**DIR**), o de relógio (**CLOCK**), respectivamente os pontos **A** e **B** nesta figura. Estes sinais são gerados pelo microcomputador. Os sinais de saída são as quatro fases do motor representadas na figura pelos pontos **CN2:A**, **CN2:B**, **CN2:C** e **CN2:D**

Este circuito é capaz de, a cada pulso de relógio, mudar o estado das saídas de modo a gerar um deslocamento mínimo de um passo na direção estabelecida pelo **DIR**. Portanto, para cada pulso de **CLOCK** enviado pelo microcomputador, ocorrerá uma mudança de estado, que significa deslocamento do motor de um passo. Para **n** pulsos ocorrerão **n** mudanças, e conseqüentemente o motor girará numa determinada direção.

A freqüência com a qual o motor gira, utilizando este circuito no microcomputador do tipo **MSX** com a linguagem **Logo**, foi calculada da seguinte maneira:

$$2,5 \text{ ms} \times 2 = 5 \text{ ms}$$

$$\text{freq.} = 1 \div T$$

$$\text{Portanto, freq.} = 1 \div 5 \text{ ms} = 200 \text{ HZ}$$

Esta foi a freqüência que utilizamos no desenvolvimento do projeto da interface, e com a qual os motores trabalham atualmente.

No cálculo acima, 2,5 milisegundos (2,5 ms) é o tempo médio para interpretação e execução dos comandos Logo. Para que tenhamos um pulso na saída do microcomputador, é preciso que ocorra a interpretação e execução dos comandos ".sai 145 15 e .sai 145 0". Estes comandos levam ao todo 5 ms para serem interpretados e executados. Assim, 5 ms é o período do pulso de **CLOCK**

### 5.1.2 Projeto do *drive*

Faz parte também do circuito controlador do motor de passo o circuito acionador de *drive*. O primeiro circuito de *drive* implementado foi o da figura 9. Através da amplificação de corrente, este circuito funciona como excitador de potência para o motor. O circuito fornece a corrente necessária para cada fase do motor, a partir do sinal "TTL" (Transistor Transistor Logic). A performance do motor depende muito do circuito de *drive*. Isto é, o motor só trabalha corretamente se este circuito fornecer os níveis de corrente e tensão adequados.

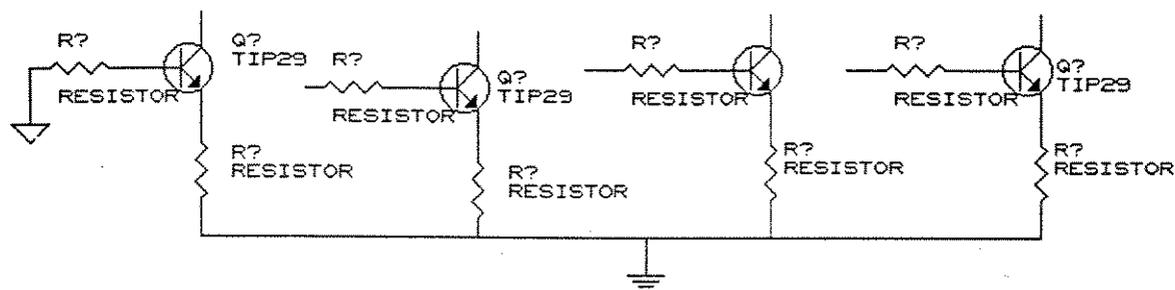


figura 9

Inicialmente o circuito de *drive* foi montado usando transistor **TIP 29A**. Na situação em que o motor girava livre (sem carga), este transistor, que tem um fator de amplificação

entre 20 e 50, fornecia uma corrente por volta de 150 mA (miliamper) por fase do motor e o mesmo funcionava bem. Na situação em que o motor deixava de girar livre (com carga), e na medida em que esta carga era aumentada, a potência do motor caía e o mesmo deixava de funcionar bem.

A razão disto é que o **TIP 29A** supria uma corrente máxima de aproximadamente 320 mA quando o motor funcionava a plena carga. Só que, nesta situação, o motor precisa de uma corrente por volta de 750 mA.

A solução encontrada para resolver este problema foi usar um outro transistor com fator de amplificação maior. O transistor usado neste caso foi o **TIP 122**, que tem um fator de amplificação em torno de 1000. Ao usarmos este transistor, aumentamos a potência do motor.

É bom lembrar também que, no circuito de *drive* com que finalizamos este trabalho, em função das melhorias efetuadas no sistema mecânico, o transistor **TIP 122** precisa suprir para o motor atualmente, uma corrente de aproximadamente 500 mA.

O circuito lógico para controle do motor de passo e o circuito de *drive*, descritos acima, fazem parte da interface de comunicação microcomputador/traçador gráfico educacional e foram implementados para, juntos, controlarem um motor de passo de 1,8°. Mas, como já havíamos mencionado no início do capítulo, a interface em si é composta destes e de outros circuitos. A seguir descreveremos os outros circuitos que fazem parte da mesma.

### 5.1.3 Circuito para controle do estado da interface

A implementação deste circuito foi necessária para propiciar ao usuário uma mensagem na tela que lhe sirva de orientação, ao começar a trabalhar com o traçador educacional. Embora na parte frontal da interface exista uma luz (LED) que indica se a mesma está ligada ou não, acreditamos que a mensagem na tela será mais comunicativa e direta para o usuário, sobretudo nos primeiros contatos com a ferramenta, no ambiente Logo com o traçador.

O projeto deste circuito se baseou na montagem de um circuito elétrico que tem a sua tensão de saída alterada quando uma determinada chave é fechada. Uma vez conectada a interface do traçador ao microcomputador e iniciada a execução do programa que controla o mesmo, o microcomputador passa a ler o estado da chave liga/desliga da interface. Isto é possível pelo fato da mudança do estado chave causar uma diferença de tensão que o microcomputador pode detectar. Conforme for essa diferença, teremos na tela a mensagem que pede para ligar a interface ou não.

Quando a interface estiver conectada ao microcomputador com a chave liga/desliga ligada, uma tensão de 5 volts aparecerá entre CN4:E e CN4:F, conforme a figura 10.

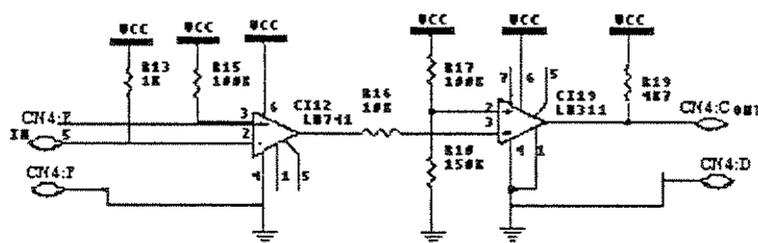


figura 10

Neste caso, a tensão na entrada inversora (pino 2 **CI12**) vai para um valor ligeiramente abaixo de **VCC**, fazendo com que a tensão de saída (pino 6 **CI12**) suba de 2 para 4 volts aproximadamente. A tensão de saída (pino 6 **CI12**) será então de 4 volts, que é a variação de tensão ocorrida pelo fato da chave estar ligada. Uma tensão de 4 volts aplicada à entrada não inversora (pino 2 **CI13**), levará a tensão de saída (pino 7 **CI13**) do nível lógico **0** para o nível lógico **1**. Neste caso, como a interface está conectada ao microcomputador e ligada, os comandos do microcomputador chegarão ao traçador.

Quando a chave liga/desliga estiver desligada, não haverá tensão na entrada inversora do **CI12** e, conseqüentemente, nem na saída (pino 7 **CI13**). Neste caso, se for dado um comando para o traçador, aparecerá na tela a mensagem **"LIGUE A INTERFACE E TECLE ALGO"**.

Ainda em referência ao circuito da figura 10, o **CI13** funciona como um comparador de tensão, em função da variação de tensão ocorrida na saída do pino 6 do **CI12**. E, o microcomputador se conecta entre **CN4:C** e **CN4:D**.

#### **5.1.4 Circuito para posicionamento da caneta no modo local**

O posicionamento da caneta no modo local foi um recurso a mais que colocamos no traçador. Para utilizar este recurso, o aluno deve, primeiro, colocar a chave local/remoto no local (**L**). Segundo, utilizando-se da(s) chave(s) de direção, posicionar a caneta em qualquer ponto do papel dentro da área de trabalho do traçador. Terceiro, passar a chave local/remoto para o modo remoto (**R**). Quarto, desenhar onde a caneta estiver posicionada naquele momento.

Existem dois modos para posicionamento da caneta do traçador. O modo remoto, onde o posicionamento é feito através do microcomputador, e o modo local, onde o posicionamento é feito sem o microcomputador. O posicionamento da caneta no modo local se torna necessário na medida em que a origem (0,0) neste traçador não é única, como na maioria dos traçadores. Aqui a origem é sempre onde a caneta está no papel ao iniciar um desenho. A seguir descreveremos este circuito.

O projeto de circuito para posicionamento da caneta no modo local, conforme a figura 11, significou implementar um circuito eletrônico que gerasse pulsos (CLOCK) para a interface e definisse, ao mesmo tempo, um determinado sentido de rotação para o(s) motor(es), independentemente do microcomputador.

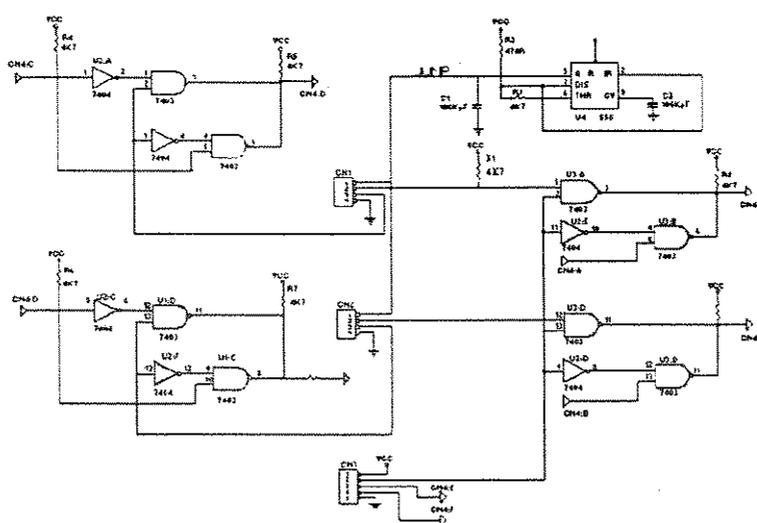


figura 11

Podemos dividir este circuito em dois blocos, sendo que o primeiro gera a lógica de direção e o segundo, a lógica de pulso.

### a) Lógica de Direção

Na figura 11, o ponto **CN4:C** e **CN4:D** são as entradas do sinal de direção. No modo remoto este sinal é enviado pelo microcomputador à medida que comandamos o giro do(s) motor(es) no sentido horário ou anti-horário. No modo local, ao pressionarmos a(s) chave(s) de direção em um ou no outro extremo, mudamos o nível lógico deste sinal de 0 para 1 ou vice-versa. Para um sinal de nível lógico 1 no pino 1, e de nível 0 no pino 2 de **U1:A**, no ponto **CN4:L** teremos um sinal de direção de nível 1. Caso estes níveis sejam invertidos, teremos neste ponto o sinal de direção invertido também. O mesmo raciocínio se aplica para **U1:D** e o ponto **CN4:K**.

### b) Lógica de Pulso

Na figura 11, quando a chave de controle local/remoto está posicionada no modo local, o(s) motor(es) do traçador passa(m) a ser controlado(s) "manualmente" (por chaves). Neste caso, para uma determinada direção no ponto **CN4:C** e(ou) **CN4:D**, e um sinal de pulso gerado pelo circuito **U4 555** entrando no pino 1 do **U3:A** e(ou) pino 13 do **U3:D**, teremos este sinal de pulso no **CN4:J** e(ou) **CN4:H**, desde que o pino 2 e(ou) o pino 12 de **U3:A** e **U3:D** permaneçam em 0 (zero). Para um sinal de nível lógico 0 entrando no pino 11 de **U2:E** e(ou) pino 9 de **U2:D**, e um sinal de clock entrando no ponto **CN4:A** e(ou) **CN4:B**, teremos este mesmo clock no ponto **CN4:J** e(ou) **CN4:H**.

### 5.1.5 Circuito para controle de solenóide

O circuito para acionamento do solenóide que abaixa e levanta a caneta está representado na figura 12.

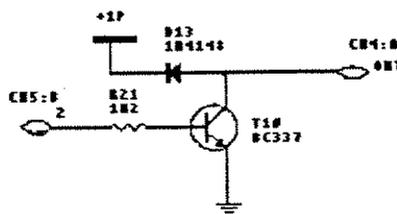


figura 12

Nesta figura, o solenóide se conecta entre o ponto CN4:A e o terra. O sinal do microcomputador se conecta no ponto CN5:B.

Quando um sinal de nível lógico 1 vindo do microcomputador é aplicado à base do transistor T18 através de CN5:B, o transistor vai à saturação. Nesta situação, fluirá uma corrente pelo solenóide e este se armará, levantando assim a caneta. Quando o nível lógico do sinal for 0 o transistor vai a corte, deixando de passar corrente pelo solenóide, que se desarma, o que faz abaixar a caneta.

O solenóide está posicionado sobre a régua do traçador. No modo remoto, o solenóide mantém a caneta abaixada enquanto a régua do traçador estiver se deslocando. O solenóide só é ativado em duas situações: no modo remoto quando for dado o comando que levanta a caneta; ou no modo local, quando a caneta estiver sendo posicionada dentro da área de trabalho do traçador. Os comandos do solenóide são: Un (usenada), que levanta a caneta e Ul (uselápis) que abaixa a caneta.

### 5.1.6 Circuito para controle do fim de curso da régua

Assim como a tela do computador, o traçador educacional tem um espaço limitado onde podemos trabalhar. O circuito para controle do fim de curso da régua (veja a figura 13), foi implementado para evitar que o usuário, desapercibidamente, force a régua a se deslocar para além da área de trabalho do traçador.

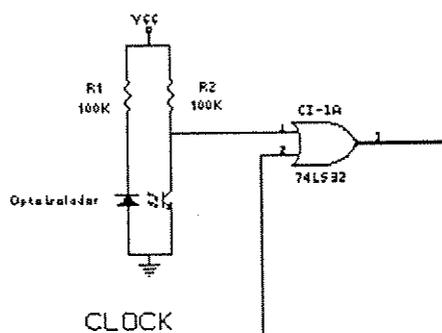


figura 13

O circuito desativa o(s) motor(es) toda vez que isto ocorre. Este circuito foi projetado com base num detector e emissor de luz que funciona como uma chave eletrônica. À medida que o sinal de clock pino 2 CI-1A, que estará sendo enviado pelo microcomputador, é interrompido, o motor que estiver acionado pára imediatamente.

O interrompimento do clock é feito na medida em que um anteparo de cor escura, devidamente colocado nas correias ligadas aos dois motores, impeça que a luz infra-vermelha emitida pelo diodo alcance a base do transistor. Ao chegar no fim de curso da régua, o anteparo impede que o *photodiodo* CI-2A emita a luz para a base do transistor, e este deixa de

conduzir. Com isso, o sinal de clock do microcomputador deixa de ser recebido pela interface e o(s) motor(es) em funcionamento é(são) desativado(s).

### 5.1.7 Fonte de alimentação

Além dos circuitos descritos acima, a placa da interface do traçador gráfico possui também um circuito de fonte de alimentação de 12 volts (veja figura 14), para alimentar os motores, e um outro circuito de 5 volts (veja figura 15), para alimentar o restante da placa.

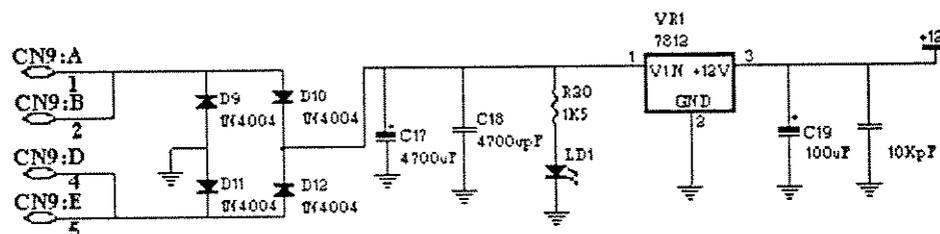


figura 14

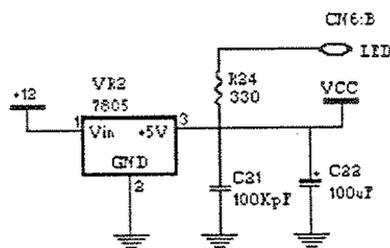


figura15

## 5.2 Implementação do Sistema Mecânico do Traçador

A implementação da estrutura mecânica foi bastante demorada, uma vez que acabamos dependendo da ajuda de terceiros para a confecção das peças. Embora a nossa proposta inicial fosse a construção de um traçador de precisão média e de performance razoável, as peças mecânicas tinham que ser bem confeccionadas para que o traçador atingisse estas qualidades. Foi preciso então utilizar máquinas e ferramentas como tornos, fresas, prensas, etc., de boa precisão.

As dificuldades encontradas nesta implementação foram fundamentalmente relacionadas com a mecânica de precisão. Tanto dentro quanto fora da Universidade, foi muito difícil confeccionar as peças utilizadas, pois elas teriam que ser precisas e a mecânica de precisão ainda não está bem difundida entre os profissionais da área da mecânica, sobretudo quando se trata da criação de alguma peça nova, da confecção de algo cujo projeto ainda não foi concebido.

A implementação do sistema mecânico consistiu, basicamente, em construir a régua, os eixos, a base e o suporte da caneta. Esta implementação passou por construção, montagens, aperfeiçoamentos e melhorias de diferentes estruturas mecânicas, até chegarmos a estrutura com a qual terminamos este trabalho. A seguir apresentamos algumas estruturas implementadas.

### 5.2.1 Estrutura tracionada por cabos

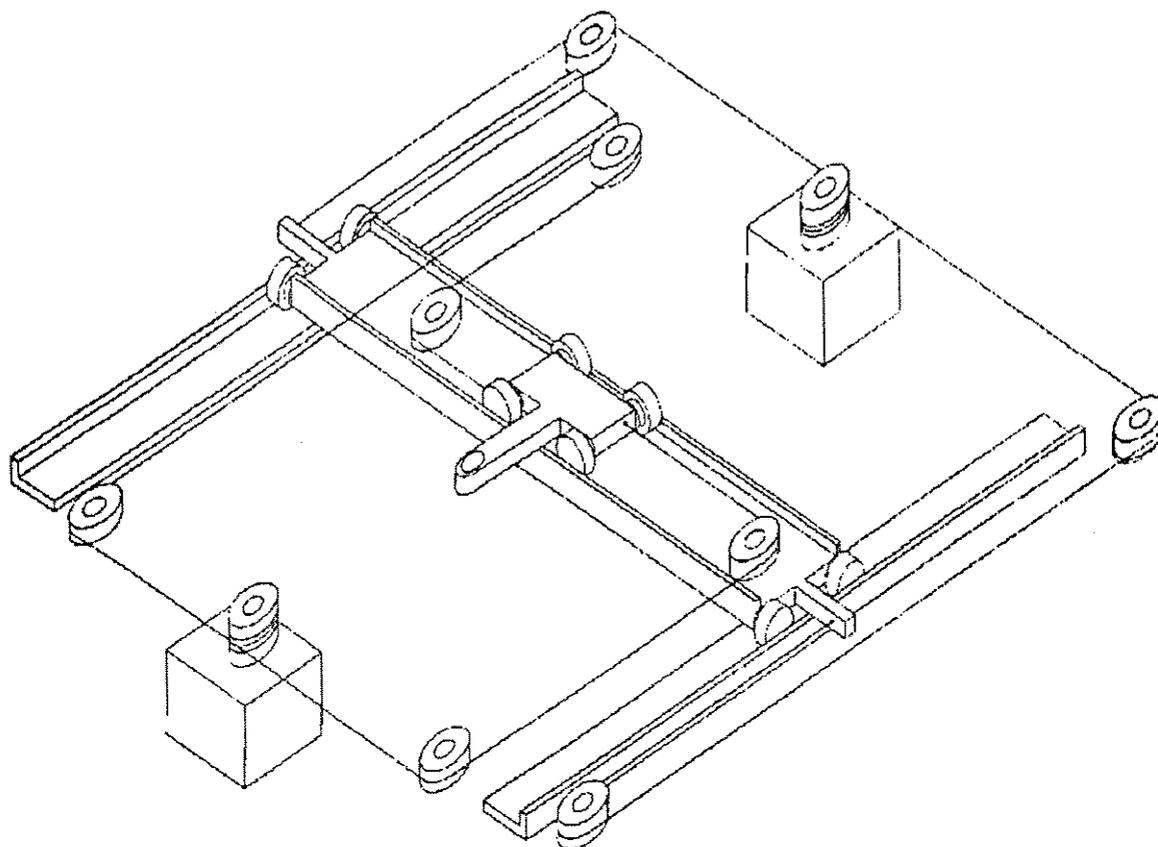


figura 16

A idéia inicial para construir o sistema mecânico do traçador se baseou na montagem da estrutura representada pela figura 16. Temos aí, o motor X e o Y, que tracionam a régua nos eixos X e Y respectivamente, utilizando roldana, polia e cabos de nylon ou de aço.

Um dos grandes problemas desta estrutura foi tracionar a régua. O motor que utilizávamos não tinha torque suficiente para vencer o atrito do sistema, embora as extremidades, tanto da régua quanto do sistema que transporta a caneta, tivessem rodas para facilitar o deslocamento. Um outro problema encontrado foi manter um bom paralelismo tanto

da régua e do sistema que transporta a caneta. Mesmo porque o paralelismo na estrutura como um todo é fundamental, pois ele define a precisão no deslocamento da caneta.

Uma tentativa para solucionar o problema de paralelismo apresentado na estrutura tracionada por cabos foi substituir os apoios das extremidades da régua por um trilho com calha de alumínio, conforme a figura 17, para que as rodas se deslocassem dentro do trilho. Isso não resolveu porque acabamos aumentando o atrito do sistema.

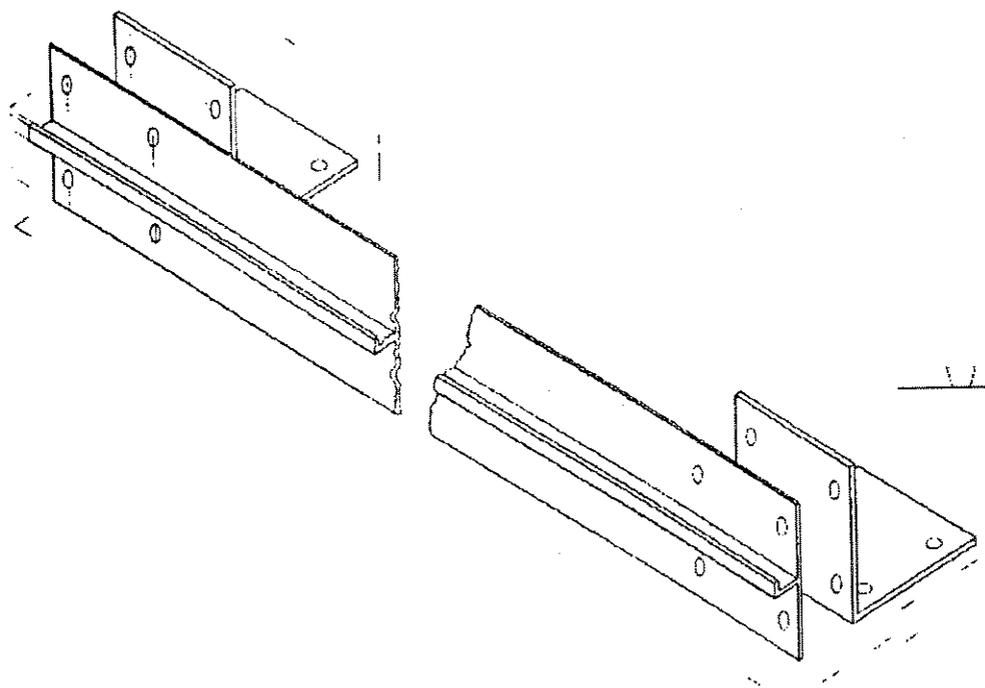


figura 17

### 5.2.2 Estrutura mista: cabos e aço inox

Uma alternativa para contornar os problemas apresentados pela estrutura anterior foi implementar a estrutura mista, (veja a figura 18), em que mantivemos o tracionamento por polia. Porém, para diminuir o atrito e tentar conseguir um bom paralelismo, alteramos o sistema de deslocamento e de apoio da régua. Substituímos as rodas das extremidades da régua por um tarugo de teflon coberto com alumínio. Substituímos os apoios da régua por barras de aço inox. A régua passou então a se deslocar sobre eixos de aço inox.

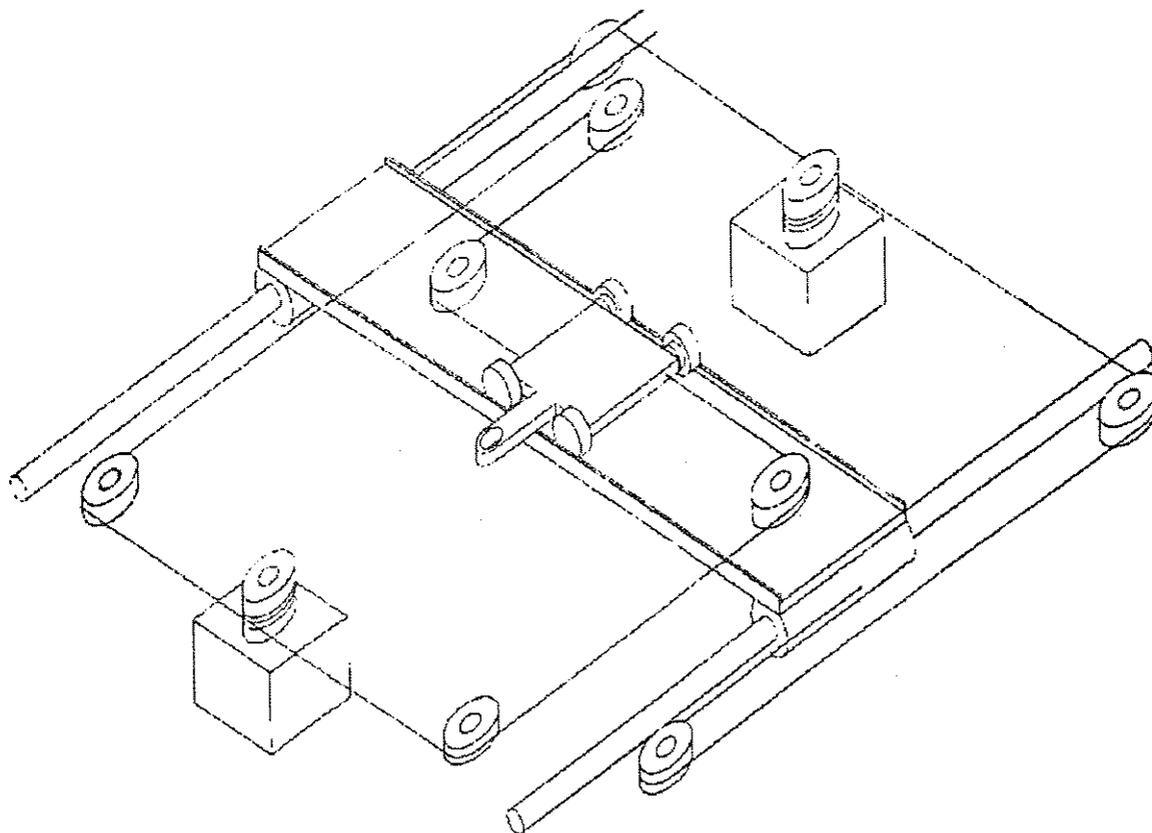


figura 18

Entretanto, estas escolhas tiveram outras implicações. Enquanto a calha de alumínio era comprada pronta, tanto o tarugo de teflon quanto os eixos de aço inox precisavam ser usinados no torno. Isto para nós se constituía em dois problemas: primeiro, o alto custo para a usinagem das peças; segundo, a demora e a dependência de terceiros para a construção de algo que ainda estava sendo criado e que portanto não contava com um projeto previamente definido, segundo a concepção dos engenheiros mecânicos.

### **5.2.3 Estrutura mista: correia dentada e calha**

Para sanar o problema de torque dos motores, que é baixo, resolvemos substituir o sistema de tração dos mesmos. Trocamos o sistema de roldanas e polias por um sistema de correias dentadas. Neste estrutura, conforme a figura 19, tanto a régua quanto o sistema que transporta a caneta passaram a ser tracionados por correias dentadas. Além disso, no sistema de transporte da caneta, as rodas foram substituídas por dois eixos de alumínio com tarugo de teflon, que servem de apoio e deslocamento do conjunto caneta e solenóide. Estes eixos, por serem de alumínio também podem ser comprados prontos. Portanto, não precisam ser usinados. Contudo, para evitar a usinagem de peças, mais uma vez voltamos a utilizar a calha para apoio e deslocamento da régua.

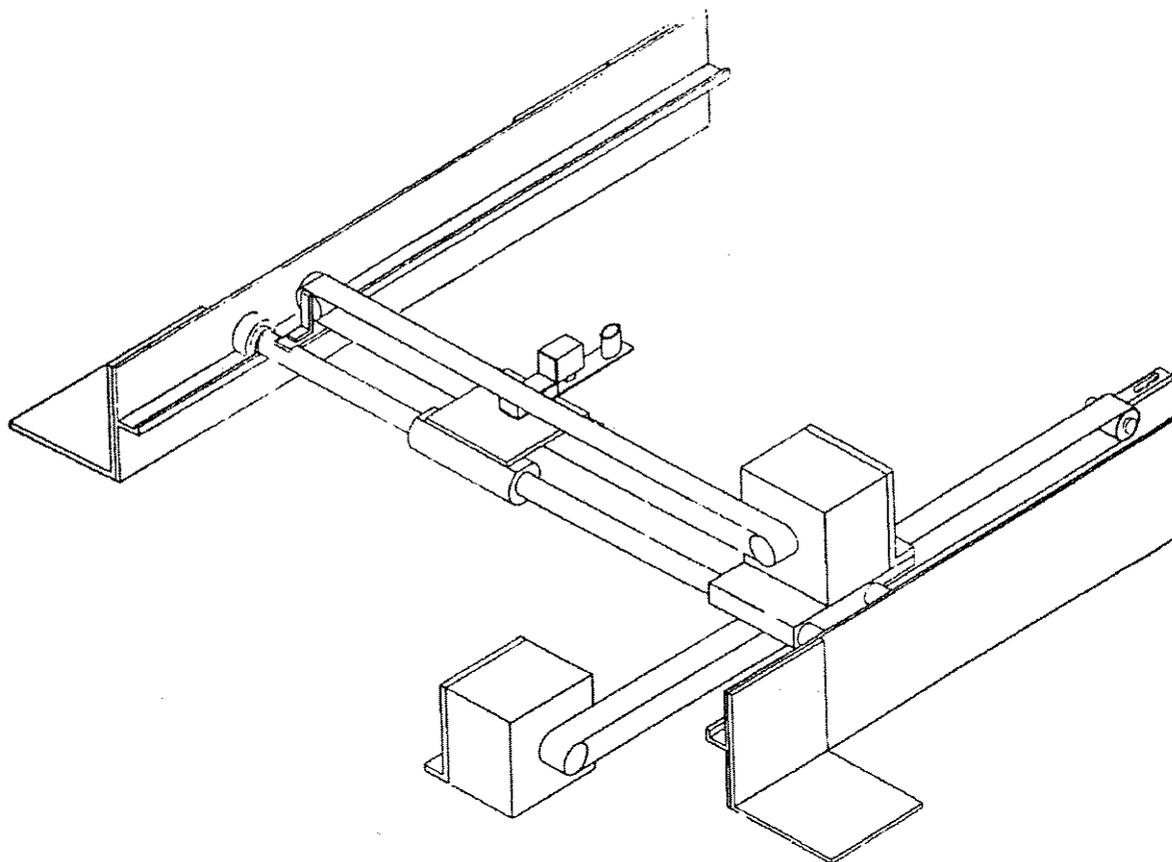


figura 19

Esta estrutura mostrou-se muito mais eficiente que a estrutura descrita no item 5.2.2, já que o sistema que transporta a caneta e o solenóide passou a funcionar bem. Porém, o fato de termos voltado a usar a calha fez surgir novamente o problema do paralelismo e do atrito.

#### 5.2.4 Estrutura baseada em correia dentada e eixos

A fim de sanar os problemas apresentados na estrutura anterior, foi montada a estrutura representada pela figura 20. A calha foi substituída por eixo e barra, ambos de aço inox, o que permitiu que uma extremidade da régua se apoiasse e deslizasse sobre um eixo, e a outra se deslizasse sobre a barra. Assim, eliminamos o problema de paralelismo, uma vez que

a extremidade da régua que desliza sobre a barra se desloca livremente. Portanto, embora a barra e o eixo possam porventura apresentar algum problema de paralelismo, isto não afeta o deslocamento da régua. Ela pode se deslocar sem travar. Com esta estrutura finalizamos o projeto mecânico do traçador educacional.

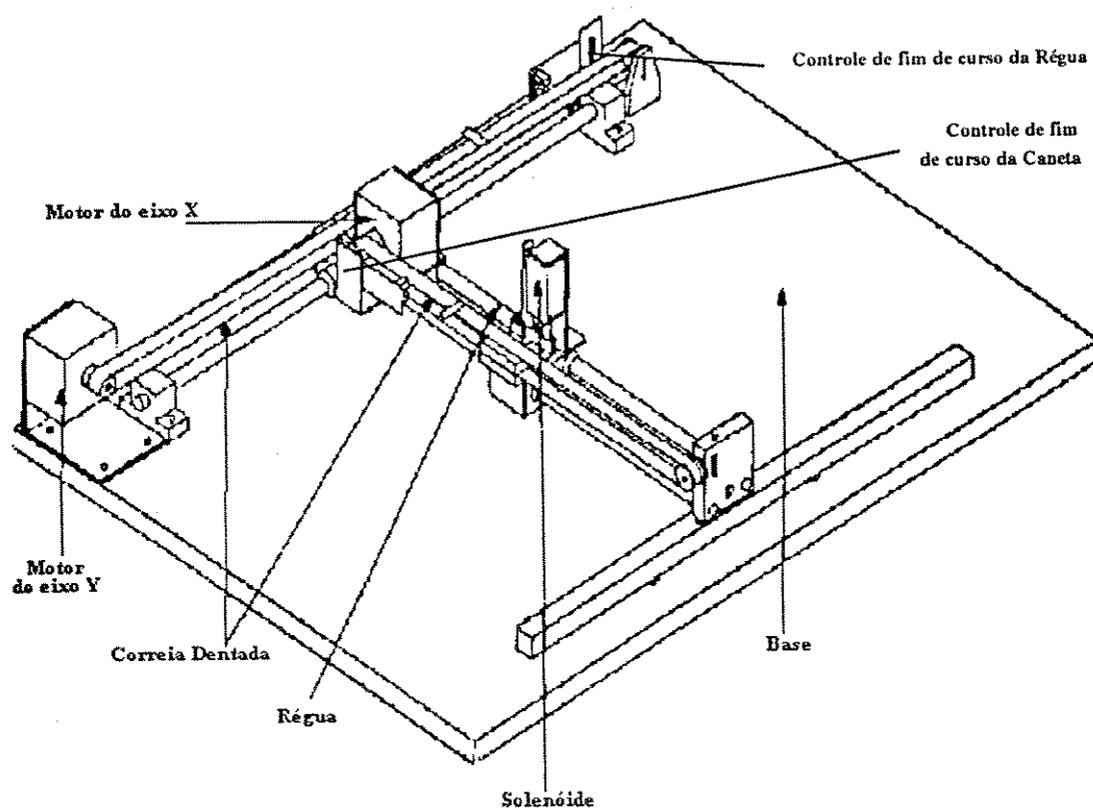


figura 20

### **5.3 Desenvolvimento do Software de Controle do Traçador**

A linguagem Logo com a qual estávamos trabalhando não possuía comandos para controle de dispositivos fora da tela, ou seja, o Logo em princípio só controlava a Tartaruga de Tela. Para controlarmos o traçador, foi preciso desenvolver comandos que permitissem o controle de um dispositivo que está fora da tela. Isto envolveu implementação de comandos para comunicação microcomputador/traçador e comandos para controle concomitante da Tartaruga na tela e da caneta sobre o papel. Esses comandos foram criados obedecendo todas as características da linguagem Logo original para que, de ponto de vista de programação, o aluno estivesse num ambiente Logo igual ao que ele já estava habituado a trabalhar.

Podemos dividir o desenvolvimento do software em dois grupos: comunicação microcomputador/traçador e controle concomitante da Tartaruga de Tela e da caneta. A seguir descreveremos estes grupos.

#### **5.3.1 Comunicação microcomputador/traçador**

Esta comunicação, em princípio, significa controlar no traçador dois motores de passo e um solenóide, de forma tal que a caneta reproduza no papel os rastros produzidos pela Tartaruga na tela. Para tanto, foi preciso implementarmos um software básico que permitisse o interfaceamento entre o Logo e a Linguagem Assembly do Z80. A seguir faremos a descrição do software básico.

### 5.3.1.1 Software básico

O software básico é que dá suporte às primitivas de comunicação com o traçador. A partir da implementação deste software, foi possível criar comandos em Logo que permitem, por exemplo, gerar um passo em um dos motores, ou em ambos, nos sentidos horário ou anti-horário. Na implementação do software básico, foram incluídos procedimentos para manipulação de sinais da interface do traçador, assim como os procedimentos para realização dos protocolos de comunicação, da movimentação mínima da caneta, e do(s) motor(es).

O software básico do traçador é composto de funções que permitem ativar, isoladamente ou em conjunto, cada um dos seus recursos. Estas funções utilizam normalmente um conjunto de manipulações sobre sinais de controle, como por exemplo, a verificação de sinal "ON LINE", a ativação do sinal de direção, e a ativação do sinal de pulso para uma função de geração de um passo em um dos motores. O desenvolvimento do software básico pode ser dividido em implementação do algoritmo e implementação dos sinais de controle.

### 5.3.1.2 Implementação do algoritmo

Para um dispositivo vetorial como o traçador gráfico, a grande questão que se põe é a utilização de um algoritmo para geração de retas e do balanceamento das taxas de rotação entre os dois motores de passo. O algoritmo é realmente crítico para a performance do traçador, na medida em que ele é sempre utilizado no traçado de quaisquer retas, desenhos ou curvas.

O algoritmo implementado para este fim foi o de Bresenham — veja descrição no Anexo II — , (Bresenham, 1965). Este algoritmo, que faz os cálculos apenas com números

inteiros, foi implementado inicialmente em Logo. Esta implementação mostrou-se pouco eficiente. Então, foi necessário implementarmos parte do algoritmo em linguagem de máquina, o que provou ser bem mais eficiente e, além disso, propiciou um controle melhor da comunicação com o traçador. Durante a implementação, foi preciso introduzir um "loop" de espera no algoritmo, em virtude das restrições do próprio motor utilizado, que tem velocidade máxima de cerca de 200 passos por segundo, ou 5 milissegundos por passo. Isto foi necessário, para que o motor não perdesse passo, dada a elevada taxa de velocidade de transmissão de comandos que o algoritmo suporta.

A implementação do algoritmo incluiu procedimentos como: **mover a caneta n passos na direção d**, a partir do ponto corrente, onde **d** é a direção atual da caneta, ou seja, a direção com que a mesma fez o último deslocamento. Por exemplo, caso no último comando a caneta tenha se deslocado para frente ou para trás, na direção de 45° (45 graus), no próximo deslocamento, a menos que haja uma alteração prévia, ela o fará também com 45°.

### 5.3.2 Implementação dos sinais de controle

A implementação dos sinais de controle foi feita em linguagem de máquina, através da programação e do acesso à interface paralela de leitura e escrita do MSX. Os sinais de controle admitem cinco linhas de saída, que são:

- passo X
- direção X
- passo Y
- direção Y
- solenóide

Estas linhas são manipuladas diretamente através da interface paralela. A única linha de entrada ao microcomputador é o sinal de estado "ON LINE" do traçador.

### **5.3.3 Controle concomitante da Tartaruga de Tela e caneta**

O controle concomitante da Tartaruga e da caneta implicou na criação de comandos que acionassem estes dois objetos ao mesmo tempo. Para tanto, foi implementada uma linguagem de comunicação e alguns comandos especiais. A seguir descreveremos cada um deles.

#### **5.3.3.1 Linguagem de comunicação**

Esta linguagem é o software que controla o traçador gráfico em um nível de programação mais alto. A linguagem de comunicação foi implementada sobre o software básico, utilizando-se das rotinas deste. Do ponto de vista de utilização, ao digitar um comando, o aluno utiliza as rotinas da linguagem de comunicação que por sua vez interagem com o software básico para controlar a Tartaruga de Tela e o traçador gráfico. Isso tudo é feito concomitantemente, porém de forma transparente\* para o aluno.

A linguagem de comunicação possibilita as seguintes tarefas: primeira, o traçado de uma reta entre dois pontos. Segunda, o deslocamento da caneta em uma certa distância e em uma dada direção. Terceira, mudança da escala. Quarta, o levantamento ou abaixamento da caneta. A primeira e a segunda tarefa são as mais importantes e mais críticas na limitação da velocidade do traçador gráfico.

---

\*No sentido de que não é visível para o aluno.

A implementação desta linguagem implicou na criação de procedimentos dentro do Logo gráfico que permitissem que os mesmos comandos que originariamente são utilizados para movimentar a Tartaruga de Tela passassem a movimentar também a caneta do traçador. Ou seja, para que, do ponto de vista do usuário, as primitivas do Logo usadas somente no ambiente Logo, fossem usadas da mesma forma no ambiente Logo com o traçador.

Neste contexto, foi preciso criar novos procedimentos que permitissem que um comando Logo normal acessasse outros comandos, no nível mais próximo da máquina, comando esse capaz de ser interpretado mais rapidamente pela interface eletrônica de comunicação microcomputador traçador.

Por exemplo, o comando **Pf 50** no ambiente Logo faz a Tartaruga deslocar para frente **50** unidades de tela.

Quando estamos usando o traçador, o mesmo comando faz a Tartaruga deslocar **50** unidades na tela e a caneta deslocar, por exemplo, **2,5 cm** no papel. Neste caso o comando **Pf 50** é executado ao mesmo tempo para a tela e para o traçador.

Durante a execução para a tela e o traçador, o comando **Pf 50** é transformado dentro da máquina (do computador) em **.Pf 50** (ponto **Pf 50**), que acessa a rotina de máquina, que por sua vez envia para a porta paralela uma seqüência de bytes por um certo tempo. Estes bytes são os sinais de controle (passo, direção e solenóide), cuja composição é: número de passo(s) no(s) motor(es); direção do(s) mesmo(s) e a condição do solenóide, ativo ou não. A execução do **.Pf 50** é transparente para o usuário.

A linguagem de comunicação, em síntese, transforma alguns comandos Logo, que originariamente só ativavam a Tartaruga de Tela, em comandos que ativam a Tartaruga de Tela e a caneta do traçador ao mesmo tempo. Esta linguagem cria as seguintes primitivas:

1) **Mudeposição** [X Y] - muda a posição da caneta no traçador gráfico para nova coordenada (X Y).

2) **Mudex** (:a) - muda a posição da caneta no eixo X, para a coordenada X+:a. (conteúdo da variável a).

3) **Mudey** (:a) - muda a posição da caneta no eixo Y, para a coordenada Y+:a. (conteúdo da variável a).

4) **Pf n°** (**Parafrente n°**) - desloca a caneta para frente um certo número (n°), na direção corrente.

5) **Pt n°** (**Pratrás n°**) - desloca a caneta para trás um certo número (n°), na direção corrente.

6) **Pd n°** (**Paradireita n°**)- determina o ângulo (em graus) para a direita, em função da direção corrente da caneta, com a qual esta deve deslocar-se no próximo **Pf** ou **Pt**. Esta primitiva não tem efeito visível no traçador.

7) **Pe n°** (**Paraesquerda n°**) - determina o ângulo (em graus) para a esquerda, em função da direção corrente da caneta, com a qual esta deve deslocar-se no próximo **Pf** ou **Pt**. Esta primitiva não tem efeito visível no traçador.

8) **Ul (Uselápis)** - abaixa a caneta do traçador.

9) **Un (Usenada)** - levanta a caneta do traçador.

10) **Tat (Tartaruga apague a tela)** - leva a caneta para o ponto de origem, a partir do qual o desenho começou a ser reproduzido no papel.

11) **Pc (Para centro)** - leva a caneta abaixada/levantada, para o centro do papel em função do estado corrente desta.

12) **Pca (Paracentro apagando)** - leva a caneta para o centro do papel, levantada.

13) **Pp [X Y] (Ponha Ponto)** - a caneta põe um ponto no papel a partir da origem corrente nas coordenadas [X Y].

### 5.3.3.2 Comandos especiais

Alguns comandos especiais foram criados na implementação da linguagem de comunicação do traçador gráfico para especificamente, ativar/desativar o traçador e verificar/alterar a escala. Estes comandos não fazem parte do elenco de primitivas originárias do Logo, porém são necessários para trabalharmos com o traçador. Os comandos especiais são: **COMTRAÇADOR (COMT)**, **MUDEESCALA (ME)**, **QUALESCALA (QE)** e **SEMTRAÇADOR**. A seguir descreveremos cada um deles.

## COMTRAÇADOR

Ativa o traçador. Uma vez o traçador ativado, todos os comandos da Tartaruga de Tela são executados também pela caneta. Este comando pode ser usado na sua forma abreviada (**COMT**). Enquanto o traçador estiver ativado, o **COMT** faz a tradução de comandos Logo que ativam a Tartaruga de Tela em comandos que ativam esta e a caneta do traçador. Qualquer erro que porventura ocorra enquanto o traçador estiver ativado, provoca a desativação do comando **COMT**. Para reativá-lo, torna-se necessário dar **COMT** novamente.

## MUDEESCALA

Muda a escala do desenho no papel. Permite que a escala do desenho da tela seja diferente da do papel. A sua forma abreviada é **ME**.

Este comando deve ser usado quando houver a necessidade de se desenhar uma figura no papel com escala diferente da escala da tela (veja no anexoIII desenhos feitos em escalas diferentes). Na tela normalmente temos uma escala fixa. Utilizando o traçador podemos aumentar ou diminuir o tamanho do desenho do papel, variando a escala em relação à tela. Ao fazer esta variação, o usuário deve respeitar a área de trabalho e a precisão do traçador, que mudam em função da escala.

Existe um valor "default" de escala fixado inicialmente, para o qual a área útil da tela corresponde à área de trabalho no traçador. Este valor é 2, para uma folha de papel carta, ou formulário contínuo 80 colunas, sem contar o picote. Nesta escala, um passo no motor corresponde a uma unidade "andada" pela Tartaruga.

Normalmente a escala de trabalho corrente é 2, a não ser que o usuário especifique uma outra. Quando isso ocorre, uma nova escala passa a ser, a escala corrente, até que haja uma outra especificação, e assim por diante.

## **QUALESCALA**

Este comando mostra na tela o valor da escala corrente. Sua forma abreviada é **QE**. Esse comando é usado quando o usuário tem a necessidade de saber em que escala o traçador está trabalhando.

## **SEMTRAÇADOR**

Este comando desativa o traçador gráfico.

Ao utilizar o traçador, possivelmente haverá situações em que o usuário terá a necessidade de desativar o mesmo e fazer o desenho só na tela. Nestas situações, este comando desativa o traçador e, então, qualquer comando da Tartaruga só terá efeito na tela. Este comando só é reconhecido enquanto o traçador estiver ativado. Ou seja, após ter sido dado o comando **COMTRAÇADOR**.

Os comandos descritos acima fazem parte do sistema que manipula exclusivamente os recursos do traçador gráfico.

Como já havíamos dito, ao utilizarmos o traçador após digitar um comando, este é convertido de um comando Logo normal para um comando Logo com o traçador. Isso faz com que a execução tanto na tela quanto no traçador, seja mais lenta. Esta lentidão tende a ser

maior à medida que o número de comandos aumenta. Por exemplo, um comando do tipo **Pf n°** leva aproximadamente 1 (um) segundo para ser convertido e executado na tela e no traçador. E, somente na tela ele leva apenas alguns milisegundos para ser executado.

Desenvolvidos os comandos especiais, terminamos a implementação do hardware, da estrutura mecânica e do software do traçador, que até então só havia sido avaliado em bancada. O próximo capítulo (verificação do uso do gráfico educacional na escola) trata de um outro tipo de avaliação, que foi muito importante para o desenvolvimento deste trabalho.

## CAPÍTULO VI

### **6. VERIFICAÇÃO DO USO DO TRAÇADOR GRÁFICO EDUCACIONAL NA ESCOLA - Resultados Obtidos:**

#### **6.1 Justificativa da Verificação**

Ao pensarmos na implementação de um traçador gráfico educacional, foram cogitadas diversas idéias sobre como este dispositivo poderia ser útil no ambiente educacional. Durante o processo de implementação deste dispositivo, desenvolvemos algumas hipóteses para utilização do mesmo, em função dos testes e da verificação de bancada realizados. Portanto, ao finalizarmos a implementação do traçador, fizemos a verificação do seu uso em sala de aula, de acordo com essas hipóteses.

A verificação do uso do traçador se justifica também, pelo fato de que, desde início, o projeto de construção deste dispositivo teve como propósito a implementação de uma ferramenta cujo usuário final, fosse o aluno do 1º e 2º grau.

#### **6.2 Metodologia da Verificação**

**Período, duração e local da verificação** - A verificação se realizou no período de 03/03/93 a 22/04/93, em duas sessões de 2 horas, duas vezes por semana, na EEPSEG João XXIII, de Americana, SP.

**Sujeitos da verificação** - Alunos de 6ª série do 1º grau e 3ª série do 2º grau (alunas de magistério), que participam do projeto de pesquisa de utilização do computador nesta escola. Estes alunos foram divididos em duas categorias: iniciantes - alunos de 6ª série do 1º grau que não conheciam o Logo e não iniciantes - alunos de 3ª série do 2º grau já familiarizados com o Logo.

Além desses, alguns alunos da 2ª série do 2º grau que já tinham conhecimento do Logo, ao saberem que o traçador estava sendo usado na sala de computadores pelos seus colegas, se interessaram em conhecer o dispositivo e participar espontaneamente de algumas sessões. Entretanto, os iniciantes e os não iniciantes, foram escolhidos pelo professor de Ciências e de Matemática, respectivamente.

O autor (experimentador) explicou o funcionamento do traçador e fez algumas demonstrações, para os alunos e os professores, sobre como trabalhar no ambiente Logo com este dispositivo.

**Quem trabalhou na verificação** - O experimentador trabalhou sozinho com os alunos em quase todas as sessões. Porém, os professores participaram em algumas delas e, junto com o experimentador, trabalharam com os alunos. O trabalho de verificação foi desenvolvido com alunos na sala dos computadores, onde são realizadas as sessões Logo. Em cada sessão de duas horas participavam dois alunos.

**O papel do experimentador** - Para os iniciantes fizemos a introdução da linguagem Logo, já utilizando o traçador e introduzindo de imediato, o conceito de medida de ângulos, mostrando como o traçador funciona, as suas chaves de controle e os seus comandos específicos de comunicação com o microcomputador. Essa postura se diferenciou da maneira como o Logo normalmente é apresentado aos iniciantes, que costuma ser só através do

trabalho com a Tartaruga na tela. No nosso caso, os alunos começaram a comandar a Tartaruga de Tela e a caneta do traçador no seu primeiro contato com o microcomputador. O traçador permitiu que a figura da tela reproduzida no papel fosse analisada de forma mais detalhada e concreta.

Com os que já conheciam a linguagem, trabalhamos no ambiente Logo/traçador explorando os aspectos mais avançados da parte gráfica do Logo. Desenvolvemos também a idéia de integração de desenhos e reprodução de funções matemáticas.

A idéia de se utilizar o traçador na atividade de desenhar, fazendo a integração de desenhos feitos no computador com os feitos à mão livre numa mesma folha de papel, também pôde ser desenvolvida com estes alunos.

A interação do experimentador com os alunos foi constante durante todas as sessões. Ora os alunos solicitavam algum tipo de ajuda, ora o experimentador intervinha para trocar idéias sobre a atividade que os alunos estavam desenvolvendo. O experimentador intervinha também para dar sugestões sobre a utilização dos recursos e comandos do traçador que ainda não haviam sido assimilados.

**Atividades desenvolvidas na verificação** - A atividade desenvolvida foi basicamente a reprodução de desenhos, propostos ou não pelo experimentador, utilizando o traçador (veja no anexo III alguns desenhos elaborados pelos alunos). Estas atividades; porém, eram orientadas pelo experimentador no sentido de testar a aplicabilidade educacional e a performance do traçador, avaliando o grau de dificuldades encontradas na interação dos alunos com esta ferramenta. Foram explorados também alguns aspectos gráficos da linguagem Logo, objetivando o manuseio de alguns conceitos de geometria, presentes nas disciplinas de Matemática e Física. Outros aspectos interessantes observados na utilização do traçador,

foram a sua robustez (tanto eletrônica quanto mecânica), a facilidade de uso dos comandos implementados para o traçador, a facilidade em manipular as chaves de controle, trocar a caneta, trocar o papel, etc.

**Coleta de dados da verificação** - A coleta de dados foi feita de três maneiras diferentes: através de uma câmera de vídeo utilizada para filmar algumas sessões; através das listagens de programas e atividades desenvolvidas pelos alunos e também a partir de anotações feitas pelo experimentador.

**Análise dos dados da verificação** - Após cada dia de trabalho com os alunos, o experimentador analisava e avaliava os dados coletados naquele dia, enfocando o aspecto educacional e o desempenho do traçador durante as sessões.

### 6.3 Hipóteses da Verificação

Durante a implementação, assumimos, que o traçador seria interessante e enriquecedor do ambiente Logo; que, ao trabalhar no ambiente Logo com o traçador, seria explorado não só o aspecto lúdico desta ferramenta, isto é, o de desenhar figuras pura e simplesmente, mas também explorar alguns conteúdos como ângulo, funções, escala, proporção, gráficos, etc.; e que o traçador propiciaria a integração de desenhos. Enfim, uma série de hipóteses foram levantadas *a priori* e precisavam ser verificadas sob dois enfoques: aplicabilidade educacional e a performance da ferramenta.

### **6.3.1 Hipóteses relativas à aplicabilidade educacional**

Com relação à aplicabilidade educacional, as hipóteses levantadas se detiveram nos seguintes aspectos: interesse em usar o traçador, facilidade de medida, integração de "mídias", interdisciplinaridade e estudo de funções matemáticas. A seguir faremos a descrição de cada uma delas, apresentando a hipótese em si, a sua justificativa e o que foi observado na escola.

#### **6.3.1.1 Interesse em usar o traçador**

Quando inserido no ambiente Logo, o traçador se constitui em objeto de interesse para os alunos iniciantes nesta linguagem?

##### **Justificativa**

Esta hipótese está baseada no fato de que o traçador, como ferramenta educacional, faz uma reprodução concreta, simultânea e fiel da figura da tela. Isto certamente direciona a atenção do aluno iniciante para os dois planos (o da tela e o do traçador), uma vez que ele terá a caneta e a Tartaruga sob seu comando.

##### **O que foi observado**

O traçador não é objeto de interesse para iniciantes em Logo. Os alunos iniciantes (6ª série do 1º grau), pelo fato de não conhecerem a linguagem, centram a sua atenção apenas na tela, explorando os efeitos imediatos dos comandos da Tartaruga. Eles não conseguem se abstrair da tela e acompanhar o movimento da caneta. Donde concluímos que a utilização do

traçador por eles, naquele momento, não era adequada, uma vez que para os mesmos a ferramenta passava despercebida no ambiente. O traçador é objeto de interesse, sim, para os alunos não iniciantes em Logo. Ou seja, para os que já conhecem a linguagem.

### **6.3.1.2 Facilidade de medida**

A reprodução no papel de uma figura geométrica produzida na tela facilita a medida de ângulos e diferentes manipulações da figura?

#### **Justificativa**

A utilização do compasso e/ou transferidor para medir o ângulo de uma figura geométrica na tela do computador não permite exatidão, dada a dificuldade em posicionar estes materiais na tela. Assim também, essa mesma figura ao ser reproduzida pela impressora, no papel, apresenta relativa imprecisão, devido ao carácter matricial desta que, via de regra, altera a figura original durante a impressão.

Entretanto, a figura da tela reproduzida pelo traçador não é deformada. Ela é mais precisa, pelo fato de a caneta reproduzir de forma fiel os rastros da Tartaruga de Tela. Isso propicia um contexto mais adequado, para a exploração do conceito matemático de ângulos.

#### **O que foi observado**

Para a avaliação desta hipótese, alunos de 6ª série que já conheciam alguns comandos básicos do Logo utilizaram o traçador durante algumas sessões para reproduzir no papel figuras geométricas cujos ângulos queriam medir. A avaliação desta hipótese, com estes

alunos, foi iniciativa do experimentador e, com a concordância da professora, que estava introduzindo o conceito de medida de ângulos naquele momento para esta série. O fato de o traçador permitir que os alunos pudessem utilizar régua e compasso, e portanto medir no papel o ângulo, da figura da tela, facilitou esta atividade. Os alunos fizeram também medidas nos dois meios (tela e papel), e constataram que as medidas no papel eram mais precisas, uma vez que neste podiam manusear melhor a régua e o compasso. O anexo IV e os registros em vídeo mostram a atividade proposta pela professora para esta utilização do traçador, que aqui pôde auxiliar o estudo de um conceito matemático.

### **6.3.1.3 Integração de "mídias"**

O traçador permite a integração, na mesma folha de papel, de desenhos feitos no computador com desenhos feitos à mão livre?

#### **Justificativa**

O fato de o aluno poder posicionar a caneta em qualquer ponto, dentro da área de trabalho do traçador, permite que ele utilize uma mesma folha para fazer dois tipos de desenhos. Um feito no computador e outro feito à mão. Este tipo de atividade propicia aos alunos condições de comparar um trabalho estruturado feito no computador, que podemos classificar como trabalho de um arquiteto, com outro feito de modo mais solto, que podemos chamar de trabalho de um paisagista.

Ao desenhar uma casa, por exemplo, o aluno pode descrever no computador o procedimento que faz a casa, ter a mesma produzida na tela e reproduzida no papel e neste

mesmo papel, ele pode desenhar à mão, o jardim, as árvores, os animais, os pássaros, etc., compondo a paisagem, ou os adornos da casa.

### **O que foi observado**

A avaliação da 3ª hipótese foi feita com alunos de 2º grau que já conheciam o Logo, e que utilizaram o traçador para reproduzir desenhos nos quais posteriormente acrescentaram detalhes à mão. O anexo V mostra alguns exemplos deste tipo de desenho. Nesta figura, a casa e a montanha foram feitas pelo traçador, e o restante à mão livre, pelo aluno. Os desenhos deste anexo foram escolhidos pelos próprios alunos. Nesta atividade, o traçador propiciou a integração de desenhos e ajudou os alunos a compararem dois trabalhos: o da máquina e o manual.

#### **6.3.1.4 Estudo de funções matemáticas**

É possível utilizar o traçador para estudar gráficos de funções como, por exemplo, retas e parábolas que representam equações matemáticas de 1º e 2º graus?

#### **Justificativa**

Devido ao fato de a caneta do traçador se movimentar no plano XY, mantendo o papel fixo, este dispositivo é mais uma ferramenta que os alunos do 2º grau podem utilizar para estudar gráficos de funções matemáticas, pois eles podem reproduzir estes gráficos no papel.

## O que foi observado

Para avaliar esta hipótese, os alunos utilizaram o traçador durante algumas sessões para produzir gráficos de funções matemáticas (veja o anexo VII). Esta atividade foi realizada pelas alunas de 3ª série do 2º grau (curso de magistério), que desenharam gráficos, de retas, parábolas e outras funções matemáticas.

Ao desenhar gráficos as alunas notaram a falta do comando **ponha ponto** que existe no Logo, e que até então não havia sido implementado para o traçador. Este comando foi introduzido, e assim as alunas puderam medir a diferença entre dois pontos em escalas diferentes.

Nesta avaliação verificamos também que a utilização excessiva do comando **ponha ponto** tende a causar imperfeição na figura, quando fazemos com a caneta o movimento conjugado de levantar/abaixar, deslocar riscando, e levantar/baixar. Ao desenhar uma figura que tem vários movimentos deste tipo, ocorre um pequeno erro de precisão quando pretendemos voltar com a caneta exatamente para o ponto onde iniciamos a figura. Este tipo de erro é mais expressivo quando utilizamos a caneta de ponta fina. Isso porque o risco deve ser maior. Ou seja, devemos utilizar uma caneta de ponta mais grossa.

### 6.3.2 Hipóteses relativas à performance do traçador

Quanto à performance do traçador, as hipóteses levantadas dizem respeito aos seguintes aspectos: robustez, facilidade de manuseio e facilidade de controle via microcomputador. A seguir faremos a descrição de cada uma delas, apresentando a hipótese em si, a sua justificativa e o que foi observado na escola.

### **6.3.2.1 Robustez**

O traçador tem robustez eletrônica e mecânica ?

#### **Justificativa**

Do ponto de vista eletrônico, a implementação do circuito da interface de comunicação traçador/microcomputador, supôs a necessidade de suportar a dinamicidade de uma sala de aula. Da mesma forma que o microcomputador e o monitor de vídeo permanecem ligados por longo período de tempo, a interface também poderá ficar ligada por tempo similar.

Do ponto de vista mecânico, o traçador foi projetado com robustez suficiente, capaz de permitir o seu manuseio pelos alunos, sem ocasionar danos à estrutura mecânica. O projeto mecânico previu a construção de uma estrutura simples, robusta e de uso "amigável".

#### **O que foi observado**

No tocante à avaliação da performance do traçador na sala de aula, durante o período de avaliação, o traçador foi utilizado em alguns dias só pela manhã (em sessões de 4 horas) e em outros dias pela manhã e pela tarde (em sessões de 8 horas). Durante as sessões, a interface permanecia ligada constantemente. Dentro da faixa de temperatura aceitável para os equipamentos eletrônicos, o seu funcionamento foi perfeito, sem causar perdas de passos nos motores nem interferências no microcomputador. Do ponto de vista da robustez eletrônica, consideramos a sua performance boa.

Com relação à robustez mecânica, o sistema mecânico implementado também teve uma boa performance. Não houve alterações nas correias dentadas, no deslocamento da régua e nem perda de precisão da caneta.

### **6.3.2.2 Facilidade de manuseio**

Aqui permite-se explorar questões como: existe facilidade no posicionamento da caneta no modo local? E na colocação do papel? E na troca da caneta?

#### **Justificativa**

A simplicidade de manuseio das chaves de controle e a disposição destas na interface permitem que o aluno posicione a caneta utilizando apenas uma das mãos. Portanto, o posicionamento da caneta em qualquer ponto do papel utilizando estas chaves não apresenta dificuldades. Também a colocação do papel no traçador e a troca de caneta não apresentam dificuldades, uma vez que a estrutura mecânica é aberta e de fácil acesso.

#### **O que foi observado**

Os alunos não demonstraram nenhuma dificuldade na manipulação das chaves de controle do traçador e na colocação do papel. A troca da caneta apresentou duas dificuldades: primeira, no posicionamento da presilha que prende a caneta juntamente com o núcleo no solenóide; segunda, na utilização da chave de fenda para apertar a presilha. Os alunos não estavam muito familiarizados com a utilização da chave de fenda. Explicando o funcionamento da presilha e a maneira adequada de se utilizar a chave de fenda, esses problemas foram resolvidos.

### **6.3.2.3 Facilidade de controle via microcomputador**

Existe facilidade em usar os comandos implementados e em controlar o traçador através do microcomputador?

#### **Justificativa**

Como em sua grande maioria os comandos do traçador são os mesmos do Logo, e os comandos novos implementados estão em "sintonia" com a linguagem Logo, o aluno não terá dificuldades em controlar o traçador.

#### **O que foi observado**

A facilidade em usar os comandos implementados foi observada com os alunos já familiarizados com a linguagem Logo, conforme demonstra o registro em vídeo. Constatamos que, embora estivessem trabalhando num Logo com algumas primitivas a mais, isso não criou dificuldades para os mesmos. Tudo se passou no ambiente com o traçador como se estivessem no ambiente Logo normal. Mesmo porque, durante algumas sessões, estes alunos utilizaram o traçador para reproduzir desenhos que já haviam feito em outra disciplina (veja o anexo VI) — mapa do Brasil da disciplina de geografia, citado no item anterior —, antes de o traçador ter sido levado para a escola. Portanto, os comandos do traçador foram vistos simplesmente como mais alguns comandos Logo, dentre os demais que eles já conheciam. Portanto, para escrever programas com estes comandos, só foi preciso entendê-los.

## 6.4 Discussão Geral

Para finalizar este capítulo, faremos a seguir um resumo dos resultados da verificação do uso do traçador na escola, tanto em relação ao aspecto educacional, quanto em relação ao desempenho, apresentando também algumas sugestões para solucionar os problemas encontrados durante o período de avaliação do traçador.

### 6.4.1 Aspecto educacional

Do ponto de vista educacional, o traçador, ao ser inserido no ambiente Logo, foi bem aceito pelos alunos e professores que já trabalham com o Logo. Estes viram na ferramenta uma grande potencialidade para se explorar não só o Logo gráfico, como também conceitos de ciências (Física e Matemática). Viram no traçador uma ótima ferramenta para atividades criativas, e sugeriram a sua utilização para criar estamparias em tecidos. É bom lembrar que a escola EEPSG João XXIII, onde o traçador foi avaliado, está localizada no município de Americana, no Estado de São Paulo, que é uma cidade, a qual, possui muitas fábricas de tecidos.

Em algumas sessões, os alunos não só utilizaram o traçador para reproduzir desenhos que já haviam feito e reproduzido na impressora, como também compararam desenhos reproduzidos pelo traçador, com os reproduzidos pela impressora (veja o anexo IX). A conclusão deles é a de que o traçador realmente reproduz o desenho da tela com maior qualidade. Durante as sessões, os alunos não só elaboravam programas novos, como também alteravam procedimentos feitos em outra disciplina, buscando uma reprodução mais perfeita do desenho no traçador. Um exemplo disso, apresentado no anexo VI, foi a reprodução do mapa e da bandeira do Brasil, que haviam estudado na aula de Geografia e História do Brasil.

## **6.4.2 Desempenho**

Com relação ao desempenho do traçador podemos considerá-los sob os seguintes aspectos: do circuito eletrônico (a interface), da estrutura mecânica (que é o traçador propriamente dito) e da programação (que é o controle do traçador via microcomputador).

### **6.4.2.1 Da interface**

A interface não apresentou nenhum problema eletrônico durante todo o tempo em que estivemos na escola, embora a rede elétrica local oscilasse de vez em quando. As duas sessões semanais demoravam em média 4 horas (das 7,30 as 11,30 hs), sendo que algumas foram feitas no mesmo dia nos dois períodos (matutino e vespertino), perfazendo, então, um tempo de trabalho diário da interface de aproximadamente 8 horas, com interrupção para o almoço.

### **6.4.2.2 Da estrutura mecânica**

Como, do ponto de vista mecânico, o traçador oferece a vantagem de ter um mecanismo (aberto) de fácil compreensão, o aluno se depara com representações dinâmicas do funcionamento do traçador, o que faz com que a estrutura mecânica deste dispositivo seja passível de ser entendida sem maiores explicações por parte do professor.

A transparência de funcionamento do traçador permite uma familiarização rápida com as chaves de controle, com os comandos do traçador. Isso possibilita aos alunos um fácil entendimento do mecanismo de funcionamento do mesmo, e propicia uma certa autonomia no modo de trabalhar deles.

Com relação ao posicionamento dos motores, à fixação dos eixos e das correias dentadas, ao tamanho da mesa e ao posicionamento da régua, não tivemos nenhum problema. Porém, existem três aspectos interessantes do sistema de eixos do traçador que devem ser discutidos. Primeiro, o fato de os eixos sobre os quais deslocam a régua e a caneta estarem expostos ao ar livre, ou seja, não terem nenhuma proteção, acarreta um acúmulo de poeira sobre os mesmos. Isto por sua vez cria uma certa dificuldade para o deslocamento da régua quando o traçador começa a desenhar. Esta dificuldade tende a aumentar quando o traçador fica vários dias sem ser utilizado. Então, durante as sessões, antes de se iniciar o desenho, com o traçador no modo local, a régua e a caneta eram deslocadas ao longo dos seus respectivos eixos, algumas vezes de uma extremidade à outra, para garantirmos um bom deslocamento, quando da reprodução de desenhos.

Um segundo aspecto que merece ser discutido é o ressecamento da tinta na caneta. O fato de a caneta utilizada no traçador ser do tipo esferográfica, e de permanecer constantemente aberta, nos dias em que o traçador não é utilizado, provoca ressecamento da tinta na sua ponta. Isto faz com que os primeiros traços não sejam muito nítidos. Alguns deslocamentos da régua com a caneta abaixada, e com o traçador no modo remoto, solucionam este problema.

O terceiro aspecto diz respeito a acidez das mãos do usuário. O fato do traçador ter alguns componentes mecânicos (eixos, régua e suporte do solenóide) feitos de material metálico (aço), e portanto passíveis de serem contaminados pelo suor das mãos, ocasionou um ligeiro enferrujamento destes componentes, à medida que diferentes alunos foram utilizando a ferramenta.

Um fato curioso de se ressaltar aqui é que durante todo o período de implementação do traçador não havíamos deparado com este tipo de problema. Talvez porque neste período a

ferramenta tenha sido manuseada basicamente por uma ou duas pessoas. Isto nos leva a concluir que o enferrujamento se deve possivelmente à maior ou menor liberação de suor das mãos dos indivíduos, visto que na escola o traçador foi manuseado por vários sujeitos diferentes.

Dois destes problemas estão relacionados com a maneira como queremos que o nosso traçador funcione. Por exemplo, tanto o fato de a régua apresentar alguma dificuldade no início da sessão, quanto o enferrujamento dos eixos, acontecem porque toda a estrutura mecânica do traçador é aberta e o aluno tem acesso às partes mecânicas do traçador.

Duas sugestões podem ser apresentadas como solução para este tipo de problema. A primeira é, trocar o material dos eixos, que são de aço, por alumínio. A segunda é, proteger os eixos, evitando assim o contato das mãos. A primeira solução nos parece mais adequada pois como o traçador é educacional é importante que ele seja o mais aberto possível para que o aluno possa entender e observar todo o seu funcionamento.

O problema de ressecamento de tinta pode ser resolvido substituindo a caneta esferográfica comum, que o traçador usa atualmente, por uma caneta mais sofisticada, própria para o traçador gráfico, o que implicaria em aumentar custos. Isso no entanto, fugiria do propósito de fazer um dispositivo barato e acessível para escolas. A solução mais adequada é retirar a caneta após o uso do traçador.

Ainda com relação ao desempenho do traçador, queremos citar a dificuldade deste para a escrita (veja os desenhos do anexo VIII). O traçador, como já havíamos mencionado na introdução deste trabalho, não é uma boa ferramenta para a escrita. Voltamos a este assunto visto que em algumas sessões os alunos tentaram usar o traçador para escrever, e compararam o tempo dispendido por ele com o gasto pela impressora.

Este processo se mostrou relativamente difícil pela lentidão da ferramenta na escrita. Para o traçador a escrita de uma letra significa a execução do procedimento que desenha esta letra.

#### 6.4.2.3 Da programação

Com relação à utilização dos novos comandos implementados para o traçador, não houve dificuldades por parte dos alunos, na medida em que os programas eram escritos no ambiente Logo/traçador da mesma forma que no ambiente Logo (veja no anexo X alguns programas elaborados pelos alunos).

Uma outra atividade desenvolvida por estes alunos durante uma das sessões foi a de adaptar a performance do traçador para reproduzir círculos mais perfeitos. A explicação para isto é a seguinte: a resolução de motores de passo para deslocamentos com ângulos muito pequenos não é boa. Isso dificulta a reprodução de círculos no papel, quando usamos o procedimento do tipo `repita 360 [pf 1 pd 1]`. À medida que aumentamos o passo e o ângulo fazendo `"repita 90 [pf 4 pd 4]`, `repita 60 [pf 6 pd 6]`, `repita 30 [pf 12 pd 12]`, etc., a resolução do traçador tende a melhorar. Isto é considerado como uma imperfeição do traçador, que acontece só com a reprodução de círculos com passos e ângulos muito pequenos e que os alunos perceberam e tentaram contornar. Mesmo observando que, quanto menor for o lado de um polígono, este tende a assemelhar-se a um círculo, no caso do traçador isto tem um limite imposto pelo motor.

Do ponto de vista pedagógico, estas observações possibilitaram que os alunos experimentassem de forma prática a relação entre o ângulo e a distância em um polígono,

relacionando o tamanho do lado com o ângulo de giro da Tartaruga de Tela e da caneta do traçador.

Os alunos que trabalharam nesta sessão foram os de 3ª série do 2º grau que se interessaram espontaneamente em utilizar o traçador. Diferentemente dos iniciantes, estes alunos puderam explorar mais a ferramenta. Eles começaram a trabalhar com o traçador já no modo edição, ou seja, não experimentaram os comandos no modo direto. Rapidamente se familiarizaram com o manuseio das chaves de controle da interface do traçador, e com a troca de papel. Após trabalhar com estes alunos, pudemos afirmar que o traçador é um objeto de interesse no ambiente Logo, mas para sujeitos que já conhecem a linguagem.

Uma de nossas constatações também relativa à programação, foi a impaciência dos alunos em relação ao tempo de conversão de um comando Logo em um comando Logo para o traçador. Como esta conversão não é instantânea, ocorre uma certa demora entre o tempo de digitação do comando e o tempo de execução. Este tempo tende a ser mais longo em função do tamanho do procedimento escrito. Durante a conversão a tela exibe a mensagem "*CONVERTENDO*".

Outra constatação vem do fato de que ao trabalhar com o traçador quando ocorre um erro, o dispositivo é desativado e torna-se necessário ativá-lo novamente através do comando *COMTRAÇADOR* ou simplesmente *COMT*. Isto é um problema de software, que não pôde ser resolvido, uma vez que não temos acesso ao programa fonte do Logo do MSX. Assim os alunos tiveram uma certa dificuldade em fazer de imediato esta operação. Esqueciam com freqüência de dar o comando *COMT* após um erro, sobretudo nos primeiros contatos com a ferramenta.

As sugestões para solução dos problemas mencionados acima, estão ligadas a alterações que teriam que ser feitas no software Logo original. No momento, não temos condições de fazer estas alterações na versão para MSX que estamos utilizando. Acreditamos que, com a nova versão do Logo em desenvolvimento no NIED para computadores da linha PC, poderemos solucionar estes problemas. No próximo capítulo abordaremos este assunto.

## CAPÍTULO VII

### 7. DISCUSSÃO GERAL E CONCLUSÃO DO TRABALHO

O processo de construção/implementação do traçador foi, antes de tudo, um trabalho de pesquisa na área de informática e educação, que buscou não só a construção de um dispositivo eletromecânico, mas também o *design* de uma ferramenta com finalidades educacionais.

Sob o nosso ponto de vista, informática e educação não são a soma da informática com a educação, mas sim a construção de algo novo. É o fazer emergir uma nova educação. Uma mudança de paradigma educacional, uma nova abordagem que tem a ver com uma mudança de postura, tanto do professor quanto do aluno. Isso reflete na mudança da própria escola.

Neste sentido, a implementação do Traçador Gráfico Educacional poderá contribuir para a mudança e atualização da escola, na medida em que a implementação deste dispositivo, envolveu a construção de um artefato que pode propiciar o desenvolvimento de atividades no computador. Em função disso, a concepção deste traçador, diferenciou-se em muitos aspectos, em relação a um traçador profissional. A implementação deste foi antes de tudo um trabalho de pesquisa na área de engenharia e na área de educação. O nosso interesse não foi construir uma ferramenta para ser utilizada somente por engenheiros ou somente por educadores, mas sim a construção de um artefato que contribuirá no processo de ensino e aprendizagem.

Neste contexto, quando criamos uma figura no computador e usamos o traçador para reproduzi-la, conhecimentos de geometria, programação, matemática e de desenho interrelacionam-se em forma de conceitos em todo o processo interdisciplinar que envolve a realização desta figura.

Para concluir este trabalho, faremos algumas considerações finais abordando integração de conteúdos, o uso do Logo e algumas sugestões para a continuação da pesquisa.

### **7.1 Integração de Conteúdos**

Na verificação da utilização do traçador na escola, observamos integração de conteúdos quando os alunos sugeriram a sua utilização para criar estamparias em tecidos, quando o utilizaram para desenhar o mapa da aula de geografia ou para plotar curvas de equações de 1º e 2º graus.

Essa integração de conteúdos poderá ser ainda mais abrangente se diversificarmos a utilização do traçador.

O traçador foi desenvolvido para a reprodução mais fiel de figuras da tela no papel. Porém, uma sugestão para o uso do mesmo em experimentos de Física, por exemplo, seria utilizá-lo para medir a constante (K) de uma mola. Isto é, prendendo uma mola na régua e em um ponto fixo no traçador, de forma que o giro do motor (motor do eixo X) que movimenta a caneta tencione a mola enquanto a régua se desloca com movimento uniformemente retardado, a caneta poderá descrever uma curva que representa a curva da mola. Um outro experimento seria plotar a curva de composição de movimento, onde eixo X se deslocaria com

movimento retilíneo uniforme, enquanto o eixo Y se deslocaria com movimento uniformemente acelerado.

## 7.2 O uso do Logo

Conforme foi descrito no capítulo V, a linguagem Logo do MSX foi a linguagem de trabalho utilizada. O objetivo do desenvolvimento do sistema de controle do traçador foi, o de implementar a linguagem de comunicação para o traçador, baseada no Logo MSX.

O Logo se baseia em diversas funções disponíveis ao usuário e que lhe permitem manipular os recursos da linguagem e do computador. Em particular, as funções primitivas do Logo são aquelas que já estavam inicialmente incorporadas na linguagem de trabalho, e que fornecem os recursos básicos desta.

Neste contexto, a implementação da linguagem de comunicação com o traçador envolveu, a criação de um conjunto de comandos Logo, específicos para o controle do dispositivo, e que foram acrescentados ao conjunto original de primitivas já existentes. Assim como as primitivas originais, o conjunto de comandos de comunicação com traçador foi desenvolvido usando as primitivas do Logo.

Embora tivesse sido possível implementar um pacote gráfico para controlar o traçador no ambiente Logo, uma grande dificuldade foi encontrada. O fato de o Logo do MSX não permitir o acesso ao seu programa fonte, dificultou a implementação dos comandos que acionam a caneta do traçador e a Tartaruga de Tela concomitantemente. Foi preciso criar um programa que pudesse converter algumas primitivas Logo, para ativar a Tartaruga de Tela e a

caneta do traçador. Porém, essa conversão acarreta uma certa lentidão, conforme explicamos no item 5.3.3.2 deste trabalho.

### **7.3 Sugestões para a Continuação da Pesquisa**

Apesar de os objetivos iniciais terem sido atingidos, algumas idéias surgiram durante a implementação do traçador, mas não puderam ser viabilizadas. Futuramente no entanto, elas poderão ser pesquisadas; elas dizem respeito ao software, à estrutura mecânica e à utilização do traçador na escola.

#### **a) Com relação ao software**

A impossibilidade de acessar o programa fonte do Logo do MSX, é um tipo de dificuldade que certamente será sanada com a introdução do Superlogo (SLogo). SLogo em desenvolvimento no NIED/UNICAMP, é um software que roda em computadores de porte maior que o MSX, e que possibilitará o acesso ao seu programa fonte. Portanto, sugerimos que qualquer implementação futura seja feita em computadores de porte maior que o MSX, utilizando um software que dá acesso ao programa fonte.

#### **b) Com relação à estrutura mecânica**

A utilização de correias dentadas no traçador, se deveu ao fato de o motor não ter torque suficiente para tracionar um sistema mecânico baseado em polias, que era a nossa idéia original. Uma sugestão para implementações futuras do traçador tipo XY é, a de desenvolver um sistema de transformação do movimento giratório do motor em deslocamento da régua,

baseado em roldanas e polias, como mostra a figura 16 do capítulo V. Portanto, devem ser usados motores mais potentes.

Conforme discutimos no capítulo VI, o fato de a estrutura mecânica do traçador ser aberta, para que o aluno tenha acesso ao funcionamento do mesmo, fez com que as peças da parte mecânica, que são de aço inox, oxidassem à medida que várias pessoas utilizaram o traçador. Uma sugestão para implementações futuras de traçadores que tenham propósito educacional, e que certamente terão uma estrutura mecânica aberta, é a utilização de peças de alumínio ao invés de aço inox.

Por ser do tipo XY, o traçador pode ser modificado facilmente para executar outro tipo de tarefa. Uma sugestão para a sua utilização com outras finalidades é substituir a caneta por uma faca ou outra ferramenta de corte, trocar os motores atuais por outros mais potentes e fazer algumas alterações no sistema mecânico. Com isso, teremos um traçador que corta materiais duros ou desenha sobre chapas metálicas ou madeira. Neste caso, o traçador não serviria só para reproduzir o desenho da tela no papel, mas também para cortar material como a cera, por exemplo.

Outra idéia interessante seria colocar sobre a mesa do traçador um material que pode ser marcado em baixo relevo de um lado e em alto relevo do outro. Assim, trocando a caneta por um outro dispositivo que faz marcas neste material podemos fazer figuras em relevo. Com isso, o deficiente visual (cego) teria condições de desenhar qualquer figura geométrica no material e, perceber através do tato a figura que ele fez. Este deficiente teria condições de depurar melhor as atividades que desenvolve no computador, o que se constituiria num tipo de utilização do traçador que, além de cunho educacional, redundará num benefício humanitário muito importante.

As sugestões apresentadas são outras formas muito interessantes de uso para as quais o traçador pode ser adaptado, pois ele passaria a ser utilizado não só no ambiente de ensino baseado no computador, mas também no ambiente profissional.

**c) Com relação à utilização do traçador na escola**

Acreditamos que o trabalho de verificação do uso do traçador na escola poderá ser feito num tempo mais longo como um projeto de pesquisa. Uma sugestão para este trabalho é a utilização do traçador na escola durante um ano letivo ou mais, a fim de se reforçar a verificação que realizamos neste trabalho, de como este dispositivo auxilia no processo de aprendizagem. Isto certamente possibilitará a elaboração de uma metodologia para a utilização do mesmo.

## Bibliografia

ARANHA, M. L. A. *história da educação*. São Paulo: Moderna, 1990.

ARKEMA, J. Plotter. *Elektor Electronics*, Londres: v. 14, n: 156, p. 30-38, 1988.

AXT, M. *Os micromundos Logo da linguagem*. Porto Alegre: UFRGS, FUNTEVE, 1989.

BABA, A. Projeto e desenvolvimento de um Plotter. *Tese de Mestrado*. Departamento de Engenharia de Eletricidade. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1989.

\*BAILEY, S. J. Stepper motors respond to direct digital control. *Control Engineering*. Londres: v. 7, n: 5, p. 75-80, 1974.

BRESENHAM, J. E. Algorithm for computer control of a digital plotter. *IBM Systems Journal*. v. 4 n: 1, p. 25-30, 1965.

CAMPOS, V. F. A virada vem aí. *Revista Veja*. São Paulo: n: 51, p. 7-9, Abril, 1993.

COMPUTER SHOPPER. v.14, n: 1, p. 56, 1994.

DERRY, T. K. & TREVOR, I. W. *Historia de la tecnologia*. Madrid: Siglo XXI, 1987.

EBY, F. (1976). *História da educação moderna*. 2. ed. Porto Alegre: Globo, 1976.

\*FITZGERALD, A. E.; Jr. KINGSLEY, & C. KUSKO A. *Máquinas Elétricas*. São Paulo: McGraw- Hill do Brasil, 1975.

GHOSH, S. K. & SHI, Z. Evaluating dynamic performance of an analytical plotter *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. Quebec: v. 57 n: 5, p. 541-544. Photogrammetric Group, 1991.

- \*GIACOMOP, A. Stepping Motor Primer. v 4. n: 3, p. 142-148. *Byte*, 1979.
- \*GILDER, J. H. Parabolic velocity profile allows maximum setepper torque. *Control Engineering*. Londres. v. 33 n: 2, p. 62-65, 1986.
- HALLIDAY, C. M. *Segredos do PC*. Rio de Janeiro, Berkeley Brasil, 1993.
- IDOETA, V. I. & CAPUANO, G. F. *Elementos de eletrônica digital*. São Paulo, 3. ed. Livros Érica, 1982.
- KAPLAN, R. J. & Townsend R. S. *Axis micro-grip drive and platen design*. Hewlett-Packard (HP) Journal. v.32 n:11, p. 34 -36, 1981.
- KENEZEK, G. A., RACHLIN, S. L. & SCANNELL, P. *A taxnomy for educational computing*. *Educational Technmology*, p. 15 - 19, 1988.
- \*KUO, B. C. & TAL, J. *Incremental motion control, DC motors and control systems*. Illinois, v. 1. SRL Publishing Company Champaign, 1978.
- KUO, B. C. *Incremental motion control, Step motors and control systems*. Illinois, v. 2. SRL Publishing Company Champaign, 1979.
- \*KUO, B. C. *Sistemas de controle automático*. 4. ed. Rio de Janeiro, Prentice-Hall do Brasil, 1985.
- LEVENTHAL, L. A. *Z80 Assembly language*. Berkley, McGraw-Hill, 1979.
- MACHADO, S. R. L. Mudanças tecnológicas da classe trabalhadora, in *Trabalho e Educação*. Campinas, p. 9-25. Papirus. 1992.
- MALVINO, A. P. *Eletrônica*. v.1, São Paulo. McGraw-Hill, 1987.
- MANACORDA, M. A. *História da educação*. 3. ed. São Paulo, Cortez, 1992.

- MARTIN, L. S., PETER, L. M. JEFFERY, W. G. & TODD, L. R. An intelligent plotter for high-throughput, unattended operation. *Hewlett-Packard (HP) Journal*. v. 36 n: 4, p. 24-34, 1985.
- MARTIN, F. Children, cybernetics and programmable turtles. *Tese de Mestrado*. MIT Media Laboratory. Cambridge Massachusetts, 1988.
- MASSOLA, A. M. A. Traçador automático de gráficos. *Tese de Mestrado*. Departamento de Engenharia de Eletricidade. São Paulo, Escola Politécnica da USP, 1970.
- MAZZONE, J. S. O sistema "enxuto" e a educação no Brasil, in Valente, J. A. (Org.), p. 274 - 312. *Computadores e Conhecimento: Repensando a educação, Campinas, UNICAMP, 1993*.
- MEIRELLES, F. S. *Informática novas aplicações com microcomputadores*. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1988.
- MENDELSON, P. L'Ordinateur dans L'Enseignement. Colloque "Enseignement et Apprentissage avec L'Ordinateur". p. 6-90. Martigny, Université de Geneve. *TECFA Document*. 1990.
- RESNICK, M. *LEGO-Logo, and life*. Santa Fe. Addison-Weseley Company, Inc. SFI Institute Studies in the Sciences of Complexity, 1990.
- RESNICK, M. & Ocko S. *Constructionist Learning*. MIT Media Laboratory. Cambridge Massachusetts. Idit Harel. 1990.
- MONROE, P. *História da educação*. 9. ed. São Paulo, Companhia Editora Nacional, 1970.
- NEWCOMB, L. B. Another plotter to toy with, revisited - Design and Construction Details. v. 5 n: 2, p. 202-207. *Byte*. 1980.
- NORTON, P. *Desvendando periféricos e extensões*. Rio de Janeiro. Campus, 1992.
- OCKO, S. *Teaching tools*. MIT Media Laboratory. Cambridge Massachusetts, 1989- Artigo não publicado.

- OLIVEIRA, A. J. O Microcomputador em educação: Análise política deste meio instrucional a serviço de uma pedagogia emancipatória; v.15 n: 2 p. 81 - 102. Educação , Santa Maria. 1990.
- PAPERT S. *Logo: Computadores e conhecimento*. 3. ed, São Paulo, Brasiliense, 1988
- PIERLUIGI, P. *Expert DD Plus: Manual de instruções*. São Paulo. Aleph, 1989.
- ROLIM, J. D. P. Controle automático de um traçador gráfico planar. *Tese de Mestrado*. São Paulo, Departamento de Engenharia de Eletricidade. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1981.
- ROSSI, W. G. *Capitalismo e educação*. 2. ed. São Paulo, Moraes, 1980.
- SEGNINI, L. R. P. Controle e resistência nas formas de uso da força de trabalho em diferentes bases técnicas e sua relação com a educação, in *Trabalho e Educação*. p. 59-68. Campinas, Papyrus, 1992.
- STAHL, M. M. *Caracterização do software educacional: Subsídios para seu desenvolvimento*. Rio de Janeiro Publicações Técnicas. COPPE/UFRJ,1990.
- TAUB, H. & SCHILLING, D. (1982). *Eletrônica Digital*. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1982.
- THE TTL, *Data Book for Design Engineers*. Texas Instruments 2. ed, 1979.
- TIMM, A. *Pequeña historia de la tecnologia*. Madrid, Ediciones Guadarrama, 1971.
- TOFFLER, Al. *As mudanças do poder*. Rio de Janeiro, Record, 1990.
- VALENTE, J. A. *Liberando a mente: Computadores na educação especial*. Campinas, São Paulo. UNICAMP, 1991.
- VALENTE, J. A. *Computadores e conhecimento: Repensando a educação*. Campinas, São Paulo. UNICAMP, 1993.

WINZER, J. *Linear integrated circuits*. Orlando, Saunders College Publishing, 1992.

-----

\* Bibliografias referentes ao anexo I.

**ANEXO I**  
**Motor de Passo**

## MOTOR DE PASSO

O motor de passo exibe três estados de operação: parado, ativado com rotor travado ou girando em etapas. O movimento pode ser brusco ou suave, dependendo da frequência e da amplitude dos passos em relação à inércia do motor. Esta é uma das qualidades deste tipo de motor.

Como todos os motores, os de passo são transdutores eletromecânicos compostos de várias bobinas excitadas por corrente contínua, e de um rotor magnetizado com um número de dentes diferente do número de bobinas.

Excitando combinações de bobinas de maneira que o motor avance de uma posição estável para outra, podemos movimentá-lo em qualquer dos dois sentidos, horário ou anti-horário sempre passo a passo (Giacomo, 1979). Portanto, o motor de passo é aquele que transforma impulsos elétricos recebidos em movimento mecânico fixo. Enquanto motores convencionais giram continuamente quando energizados, o motor de passo, quando recebe a seqüência correta de energização de suas bobinas, gira em incrementos angulares (passos) fixos (Gilder, 1986).

Existem vários tipos de motores de passo e os três principais são: os de ímã permanente, os de relutância variável e os híbridos. Existem ainda os eletrohidráulicos, "flexsplíne e nutating gear" (Bailey, 1974).

O motor de ímã permanente tem um estator com vários pólos eletromagnéticos, o rotor é cilíndrico e dentado e contém ímã permanente. Quando aplicada uma corrente nas bobinas do estator do motor de ímã permanente, e se o padrão de energização for fixo,

haverá uma série de pontos estáveis no estator, e o rotor se moverá para o ponto estável mais próximo deste.

O motor de relutância variável também tem o estator com vários pólos eletromagnéticos, mas não há ímã permanente no motor de relutância variável. Quando passa corrente na bobina apropriada, aparece um torque que movimenta o rotor para uma posição de mínima relutância.

Os motores híbridos utilizam componentes para amplificação de torque ou da potência, acoplados aos motores de passo propriamente ditos, os quais podem também ter um mecanismo de redução do tamanho de passo, que pode chegar a  $0,18^\circ$  ( $0,18$  graus).

Os tamanhos de passo típicos para motores de ímã permanente são:  $1,8^\circ$ ;  $3,75^\circ$ ;  $7,5^\circ$ ;  $15^\circ$  graus (200, 96, 48, ou 24 passos por revolução, respectivamente).

Para a aplicação do traçador gráfico, o motor de passo ideal é tipicamente o de  $1,8^\circ$ , que garante uma boa precisão, com um torque de trabalho a 10 passos/segundo, de aproximadamente 40 à 60 milinewton (mN).

A operação elementar de um motor de passo tetrafásico com rotor de dois pólos é mostrada na figura A1.1 (Fitzgerald, Kingsley Jr., Kusko, 1975).

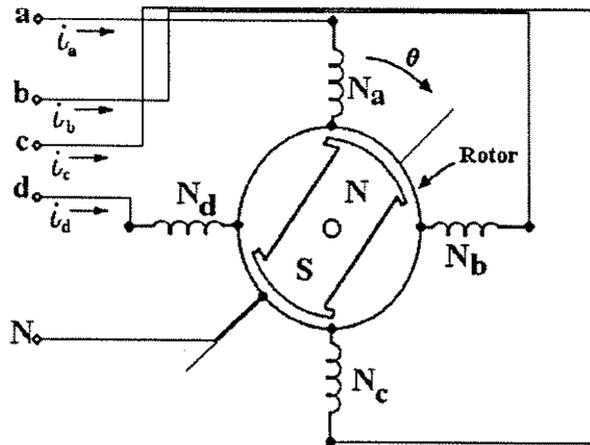


figura A1.1

O rotor de um motor de passo tetrafásico pode ser um elemento ferromagnético ou ímã permanente, que assume ângulos de  $0^\circ$ ;  $45^\circ$ ;  $90^\circ$ ; etc., conforme os enrolamentos são excitados  $N_a$ ,  $N_a+N_b$ ,  $N_b$ , assim por diante. O motor de passo da figura A1.1 pode também ser usado para passos de  $90^\circ$ , excitando as bobinas isoladamente. Neste caso, somente o rotor de ímã permanente pode ser usado. As curvas conjugado-ângulo para os rotores de ímã permanente e relutância variável estão mostradas na figura A1.2.

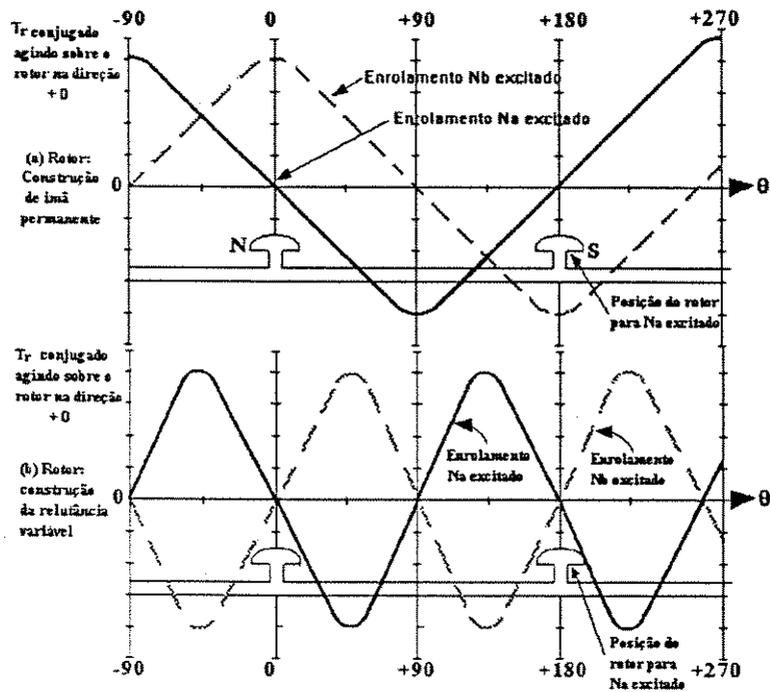


figura A1.2

Enquanto no rotor de ímã permanente o conjugado tem o valor de pico quando a excitação está deslocada de  $90^\circ$ , no rotor ferromagnético o conjugado é nulo e pode mover-se em qualquer direção.

O rotor de ímã permanente tem a característica adicional de que a posição do rotor é definida pelas correntes de enrolamento sem nenhuma ambigüidade, enquanto o rotor ferromagnético tem duas posições possíveis para cada configuração de correntes de enrolamentos. No rotor de ímã permanente, para obter degraus de ângulos relativamente pequenos, pode ser usada uma construção diferencial, como mostra a figura A1.3.

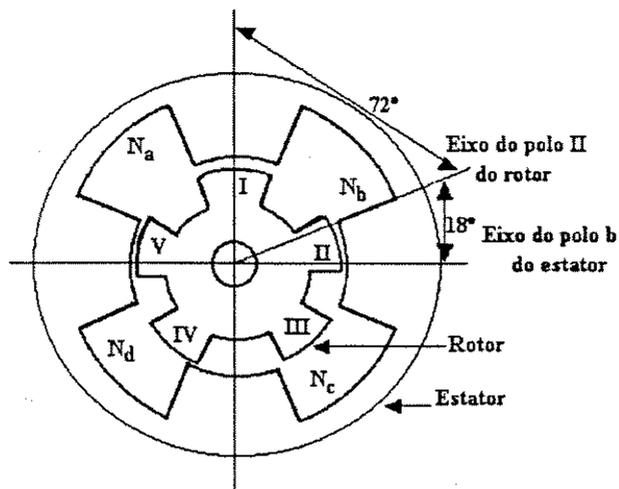


figura A1.3

O estator tem um enrolamento difásico, enquanto o rotor tem cinco pólos projetantes. A posição mostrada na figura A1.3 é para corrente no enrolamento difásico  $N_a$ . Se a corrente é transferida para o enrolamento  $N_b$ , o rotor girará de  $90^\circ - 72^\circ = 18^\circ$ , para alinhar o pólo 2 com o eixo  $N_b$ .

As características de um motor de passo são freqüentemente apresentadas na forma de conjugado, em função da freqüência de pulsos aplicada à unidade de alimentação, como mostra a figura A1.4.

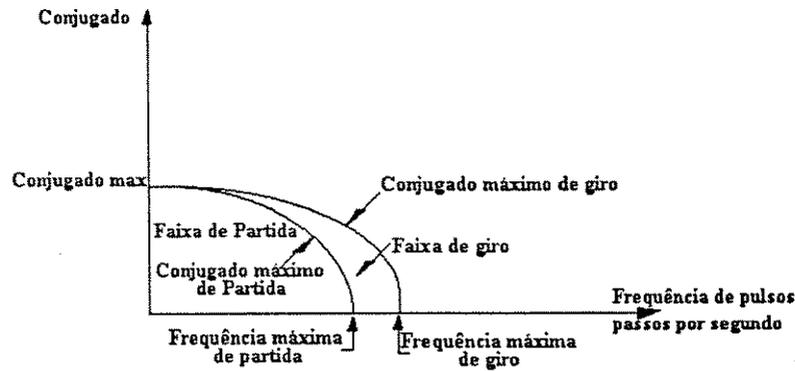


figura A1.4

Conforme a frequência de pulsos aumenta, o motor pode fornecer menos conjugado, porque o rotor tem menos tempo para mover a carga de uma posição para a próxima posição, uma vez que a configuração das correntes nos enrolamentos de estator é deslocada. A faixa de partida na figura A1.4 é aquela na qual a posição da carga segue os pulsos sem perder passos. A faixa de giro é aquela na qual a velocidade da carga apenas segue a frequência de pulsos sem perder passos, mas que não pode partir, parar ou inverter o sentido, obedecendo ao comando. O ponto de conjugado máximo é o máximo conjugado de retenção de uma carga imóvel do motor excitado. Com cargas leves, a máxima frequência de giro pode ser até dez vezes a frequência de resposta de posição.

Um outro motor pouco usado no sistema de controle de traçador gráfico é o motor de corrente contínua. A seguir faremos dele uma breve descrição.

### Motores de Corrente Contínua (DC)

O motor dc é basicamente um transdutor de torque que converte energia elétrica em energia mecânica (Kuo, 1985). Os sistemas que trabalham com motores dc são quase todos

sistemas que operam em malha fechada, devido à força contra eletromotriz (f<sub>cem</sub>) destes motores. Também pelo fato de usarem um sistema análogo a um atuador, eles não têm o ponto de parada definido. Normalmente quando são usados para controle em malha fechada, eles usam codificadores para a realimentação da posição e da velocidade (Kuo e Tal, 1978). No sistema de malha fechada, a velocidade e/ou a posição são realimentadas e comparadas com a entrada de referência para se obter a performance desejada.

Os motores dc são dispositivos não lineares que, no entanto para trabalhar em sistemas de controle, precisam ser linearizados. Isso implica na implementação de um modelo matemático para o motor que, por sua vez, limita a faixa de operação do mesmo (Kuo,1985). Por usarem escovas e comutadores, os motores dc são mais caros que os motores de passo.

A vantagem do motor de passo em relação ao motor dc é o menor tamanho e o custo mais baixo da unidade de alimentação deste motor, comparado às partes correspondentes de um servomecanismo controlador de posição ou velocidade. Por isso, ele é usado geralmente em dispositivos eletromecânicos de grande precisão como o traçador gráfico, os robôs, braço mecânico, os acionadores de disco etc.. Em geral, para controlar um motor de passo, é preciso ter um circuito próprio que gere a seqüência de passos para este motor.

Comparado com sistemas que utilizam o motor dc, o sistema que utiliza o motor de passo apresenta algumas vantagens e desvantagens.

### **Vantagens do motor de passo**

1. Pode ser controlado em malha aberta sem necessidade de realimentação;
2. não tem problema de estabilidade;
3. responde à entrada digital;
4. é mecanicamente mais simples;
5. não requer manutenção;
6. tem erro de posição de eixo não acumulativo;
7. tem circuito de acionamento simples e de baixo custo.

### **Desvantagens do motor de passo**

1. Desloca em passo fixo;
2. tem baixa eficiência;
3. apresenta oscilação na resposta do passo;
4. tem potência de saída limitada.

No caso do motor de passo utilizado na implementação do traçador gráfico, depois de conhecida a seqüência de passos do motor modelo SM 1.8°, segundo a especificação do manual de fabricante (SINGER do BRASIL), foi desenvolvido o circuito de controle deste motor, conforme a descrição do capítulo V (item 5.1.1).

Um exemplo de programa em Logo capaz de fazer este motor girar no sentido horário é o seguinte:

```
Aprenda gire  
repita N [.sai 145 15 .sai 145 0]  
gire  
fim
```

Exemplo de um programa em Logo capaz de fazer o motor girar nos dois sentidos

```
Aprenda teste  
repita N [Pf : .CURSO Pt : .CURSO]  
teste  
fim
```

### Comentários sobre os programas

`.sai 145 X` - significa mandar um byte X para a porta A da saída paralela do 8255 no modo 0.

15 - significa nº de byte enviados para a porta.

N - significa nº de pulsos enviados

: - significa o conteúdo da variável curso

`.curso pt` - significa executar o programa gire no sentido horário

.curso **pf** - significa executar o programa **gire** no sentido anti-hórario.

Basicamente o programa **gire** gera um pulso na saída da porta, que provoca o giro do motor de um passo. Fazendo uma recursão neste programa, podemos fazer o motor girar **n** passos. Na implementação da interface, esses programas serviram para a avaliação desta, num estágio do projeto onde ainda não existiam os procedimentos para o controle do traçador. A grosso modo, podemos afirmar que os programas foram escritos num nível mais próximo da máquina.

**ANEXO II**  
**Algoritmo de Bresenham**

## Algoritmo de Bresenham

O algoritmo de Bresenham consiste basicamente do seguinte:

Dados os oito movimentos lineares que um traçador gráfico é capaz de gerar a partir de um pulso apropriado, o problema está em decidir qual conjunto destes movimentos é ótimo para aproximar uma reta entre dois pontos, expressos em coordenadas inteiras retangulares na forma  $(X,Y)$ , conforme a figura A2.1

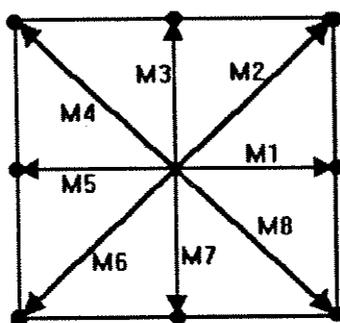


figura A2.1

Supondo que a distância entre os pontos  $D1$  e  $D2$  com coordenadas  $(X1,Y1)$  e  $(X2,Y2)$  seja suficientemente maior que o tamanho do segmento mínimo, de forma que exista uma aproximação ótima para a reta que une estes pontos. E, seja o primeiro caso em que  $D2$  está no segundo octante com relação ao sistema de coordenadas retangulares, ao transladar  $D1$  para a origem. Então é possível admitirmos que o movimento desejado pode ser conseguido por uma sequência de movimentos de  $M1$  e  $M2$ .

Tendo transladado  $D1$  para a origem, sejam  $(\Delta a, \Delta b) = (X2 - X1, Y2 - Y1)$  as coordenadas do ponto  $D2$ .

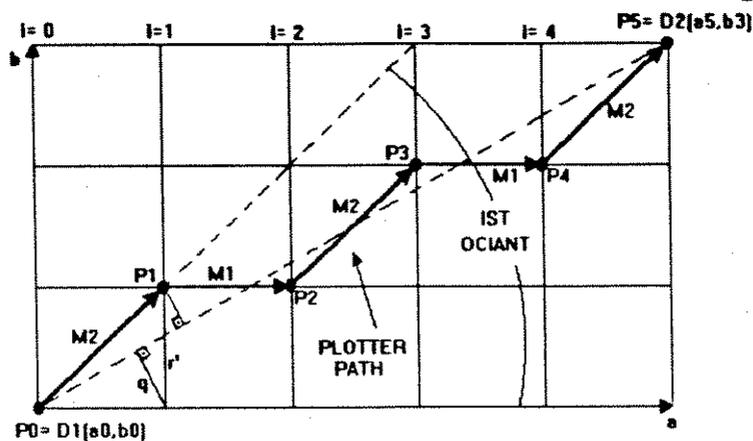


figura A2.2

Conforme a figura A2.2, quando o traçador estiver progredindo até a posição  $P_{i-1}$ , o próximo movimento será M1 se  $r_i < q_i$ , ou M2, se  $r_i \geq q_i$ . Seja  $\xi_i = (r_i - q_i)\Delta a / 2$ . Por semelhança de triângulos,  $r'_i / q'_i = r_i / q_i$ . Portanto,  $r'_i - q'_i$  tem o mesmo sinal que  $r_i - q_i$ .

$$\xi_i = (r_i - q_i)\Delta a / 2 = [(b_i - \lfloor b_i \rfloor) - (\lceil b_i \rceil - b_i)]\Delta a / 2$$

$$\text{Com } b_i = \frac{\Delta b}{\Delta a} a_i, \xi_i = a_i \Delta b - (\lfloor b_i \rfloor + \lceil b_i \rceil)\Delta a / 2.$$

No primeiro octante,  $a_i = a_{i-1} + 1$ . Ainda,  $\lceil b_i \rceil = b_{i-1} + 1$  e  $\lfloor b_i \rfloor = b_{i-1}$ .

$$\text{E } \xi_i = a_{i-1} \Delta b - b_{i-1} \Delta a + \Delta b - \Delta a / 2.$$

No ponto inicial  $P_0$ , com  $a_0 = 0$  e  $b_0 = 0$ ,  $\xi_1 = \Delta b - \Delta a / 2$ .

Se  $\xi_i \geq 0$ ,  $b_i = b_{i-1} + 1$  e  $\xi_{i+1} = (a_{i-1} + 1)\Delta b - (b_{i-1} + 1)\Delta a + \Delta b - \Delta a / 2 = \xi_i + \Delta b - \Delta a$ .

Se  $\xi_i < 0$ ,  $b_i = b_{i-1}$  e  $\xi_{i+1} = (a_{i-1} + 1)\Delta b - b_{i-1} \Delta a + \Delta b - \Delta a / 2 = \xi_i + \Delta b$ .

$$\text{Então: } \begin{cases} \xi_i = \Delta b - \Delta a / 2 \\ \xi_{i+1} = \begin{cases} \xi_i + \Delta b - \Delta a & \text{se } \xi_i \geq 0 \\ \xi_i + \Delta b & \text{se } \xi_i < 0 \end{cases} \end{cases}$$

O movimento do traçador gráfico é então determinado, para o primeiro octante:

Se  $\xi_i < 0$ , movimentar na direção M1;  
Se  $\xi_i \geq 0$ , movimentar na direção M2.  
para  $0 < i < \Delta a$ .

A extensão para os casos em que D2 está em outros octantes com relação a D1 pode ser resumida da seguinte forma, com  $\Delta a = |x_2 - x_1|$ ,  $\Delta b = |y_2 - y_1|$ ,  $\xi_i = \Delta b - \lceil \Delta a / 2 \rceil$ :

**Octante 1:**

$\xi_i < 0 \Rightarrow$  direção M1,  $\xi_{i+1} = \xi_i + \Delta b$   
 $\xi_i \geq 0 \Rightarrow$  direção M2,  $\xi_{i+1} = \xi_i + \Delta b - \Delta a$

**Octante 2:**

$\xi_i < 0 \Rightarrow$  direção M2,  $\xi_{i+1} = \xi_i + \Delta b - \Delta a$   
 $\xi_i \geq 0 \Rightarrow$  direção M3,  $\xi_{i+1} = \xi_i - \Delta b$

**Octante 3:**

$(\Delta a < 0)$   
 $\xi_i < 0 \Rightarrow$  direção M4,  $\xi_{i+1} = \xi_i + \Delta b - \Delta a$   
 $\xi_i \geq 0 \Rightarrow$  direção M3,  $\xi_{i+1} = \xi_i - \Delta a$

**Octante 4:**

$(\Delta a < 0)$   
 $\xi_i < 0 \Rightarrow$  direção M5,  $\xi_{i+1} = \xi_i + \Delta b$   
 $\xi_i \geq 0 \Rightarrow$  direção M4,  $\xi_{i+1} = \xi_i + \Delta b - \Delta a$

**Octante 5:**

$$(\Delta a < 0, \Delta b < 0)$$

$$\xi_i < 0 \Rightarrow \text{direção M5, } \xi_{i+1} = \xi_i + \Delta b$$

$$\xi_i \geq 0 \Rightarrow \text{direção M6, } \xi_{i+1} = \xi_i + \Delta b - \Delta a$$

**Octante 6:**

$$(\Delta a < 0, \Delta b < 0)$$

$$\xi_i < 0 \Rightarrow \text{direção M6, } \xi_{i+1} = \xi_i + \Delta b - \Delta a$$

$$\xi_i \geq 0 \Rightarrow \text{direção M7, } \xi_{i+1} = \xi_i - \Delta a$$

**Octante 7:**

$$(\Delta b < 0)$$

$$\xi_i < 0 \Rightarrow \text{direção M8, } \xi_{i+1} = \xi_i + \Delta b - \Delta a$$

$$\xi_i \geq 0 \Rightarrow \text{direção M7, } \xi_{i+1} = \xi_i - \Delta a$$

**Octante 8:**

$$(\Delta b < 0)$$

$$\xi_i < 0 \Rightarrow \text{direção M1, } \xi_{i+1} = \xi_i + \Delta b$$

$$\xi_i \geq 0 \Rightarrow \text{direção M8, } \xi_{i+1} = \xi_i + \Delta b - \Delta a$$

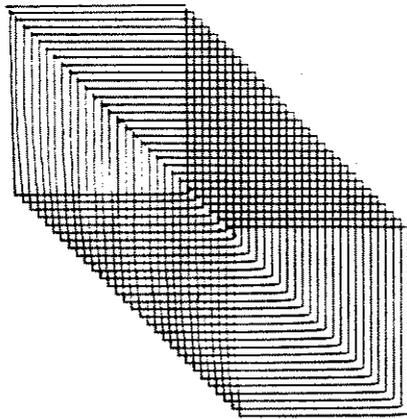
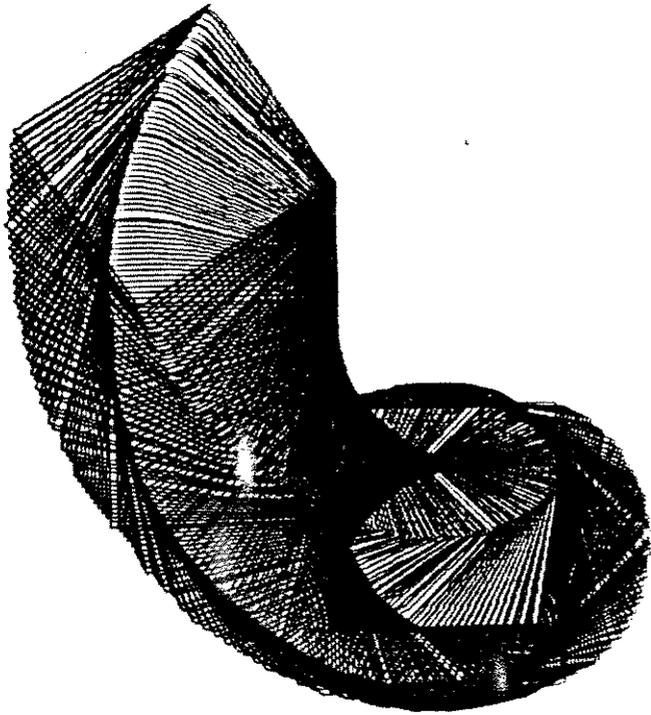
Portanto, para movimentar o traçador gráfico entre os pontos  $(X_0, Y_0)$  e  $(X_1, Y_1)$ , o algoritmo executa exatamente  $da+5$  ou  $db+5$  testes, uma operação divisão, e no máximo  $3da+3$  ou  $3db+3$  operações de soma de inteiros. Isto indica que o algoritmo é linear na soma das variações de coordenadas nos dois eixos  $da+db$ , tanto com relação ao número de testes quanto com, relação ao número de operações de soma.

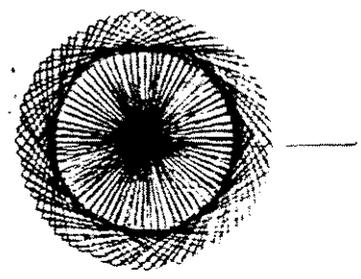
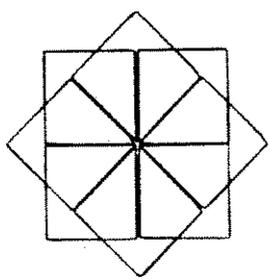
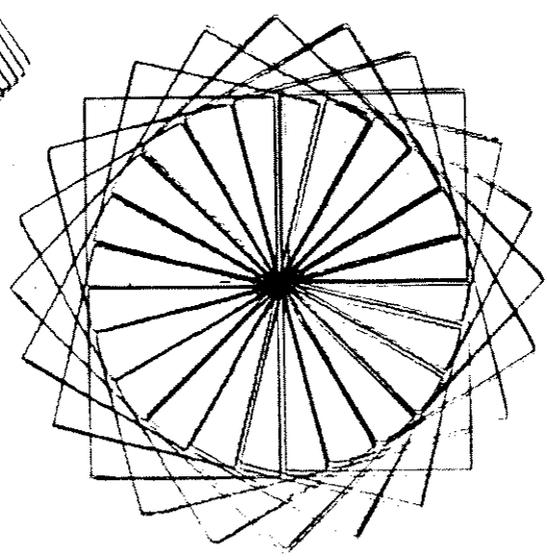
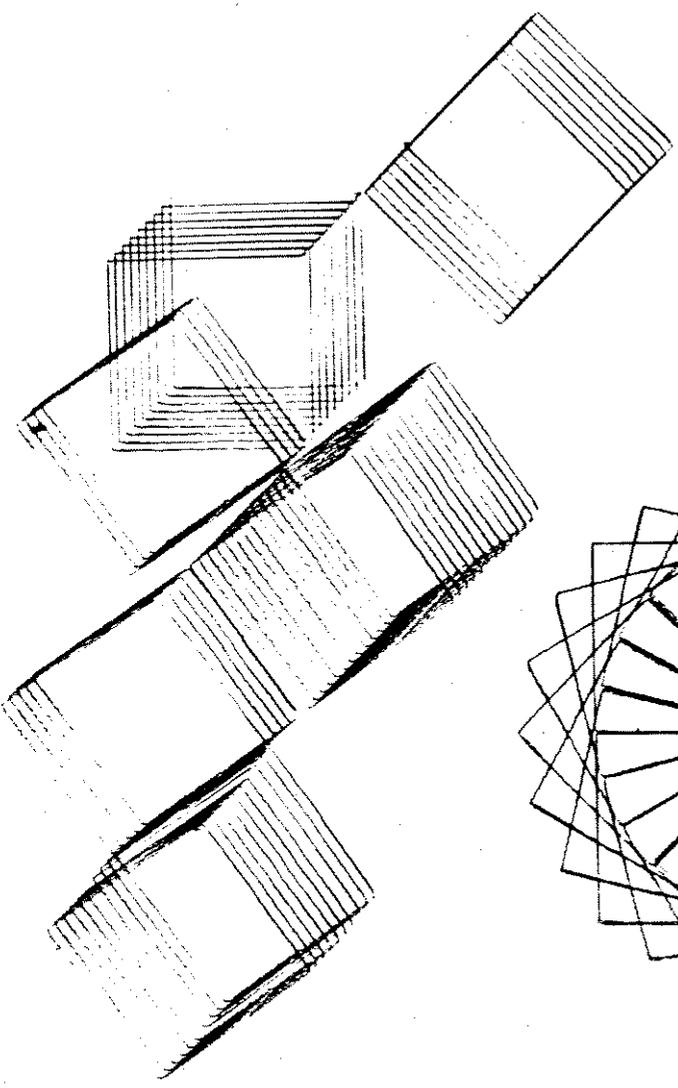
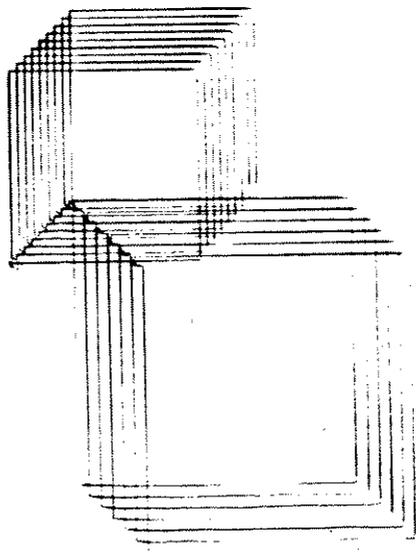
É interessante observar que a dificuldade para dar um único passo é constante com relação ao número de passos a dar. E é exatamente por isso que a dificuldade para dar  $n$  passos em qualquer direção (com qualquer taxa de relação entre os motores) é linear no número de passos.

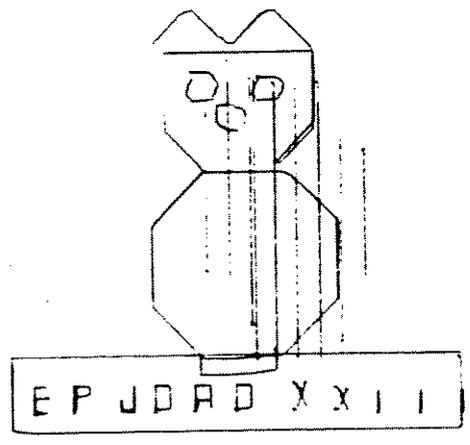
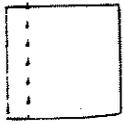
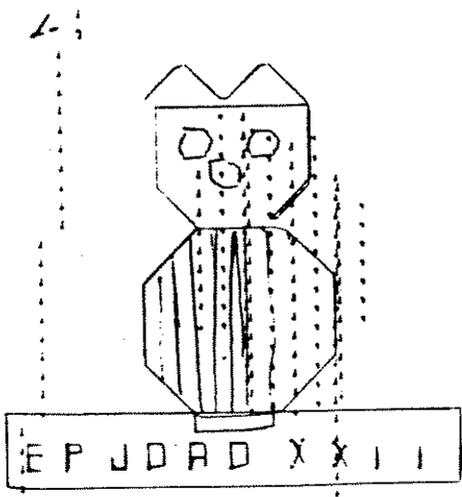
Para uma mesma precisão, ou o mesmo incremento utilizado (no caso, uma unidade), é fácil ver, que, se existisse um algoritmo para o problema que fosse logarítmico no número  $S$  de somas, e no número  $T$  de testes, com relação a  $da+db$ , teríamos que o número de incrementos seria no máximo  $S$ ,  $\max(da,db) \leq S \leq \log(da+db)$ . Por outro lado, para ter a mesma precisão, é necessário testar, a cada movimentação, qual dos dois movimentos deve ser executado. Portanto,  $\max(da,db) \leq T$  e  $T \approx \log(da+db)$ , então,  $\max(da,db) \leq \min(S,T)$ . E o algoritmo não resolve o problema para quaisquer  $da,db$ . Portanto, não existe algoritmo que resolva o problema em tempo logarítmico, e o algoritmo de Bresenham é de ordem ótima com relação a dificuldades em termos de tempo de execução.

Observa-se que a questão do tempo é realmente a mais relevante, já que o algoritmo deveria ser utilizado para qualquer movimentação que seja feita no traçador gráfico. Como o algoritmo será executado no próprio microcomputador, a questão da memória não é relevante. Portanto, o algoritmo de Bresenham pode ser utilizado com muitas vantagens sobre outros como o DDA (Digital Differential Analyzer) e o Harrington que manipulam números reais e utilizam operações de multiplicação e divisão, por exemplo.

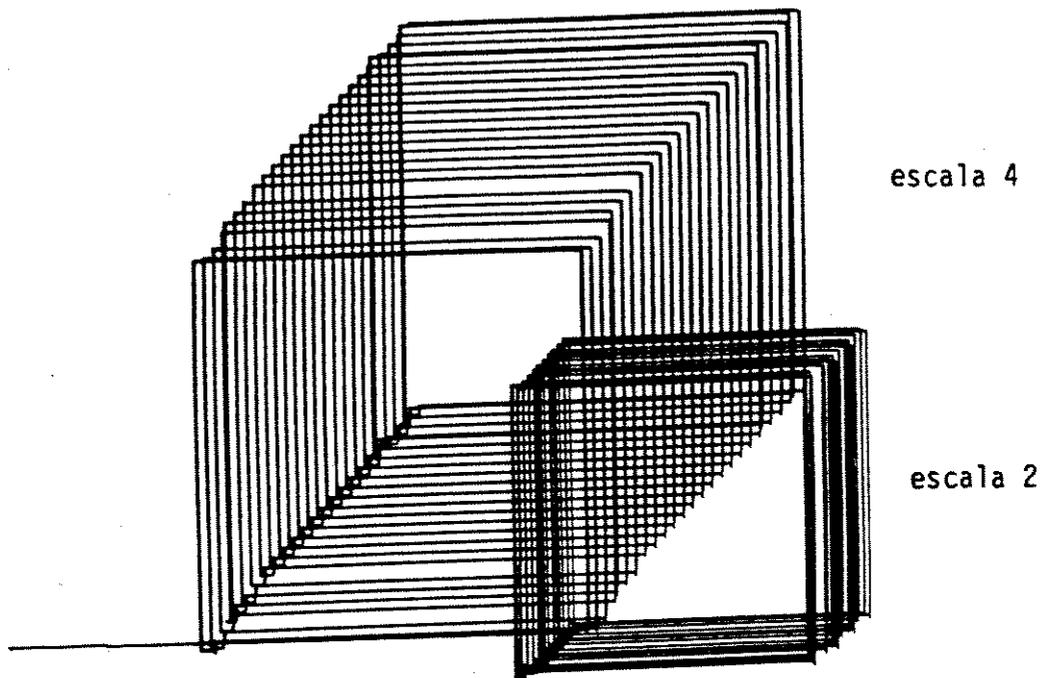
**ANEXO III**  
**Exploração do Traçador pelos alunos**







Desenho feito em escala diferente



**ANEXO IV**  
**Estudo de Medida de Ângulos**

1 - Desenhe ângulos congruentes, consecutivos e adjacentes.

2 - Desenhe um ângulo e trace a bissetriz.

3 - Desenhe :

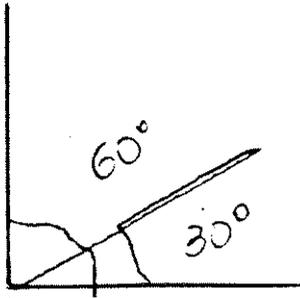
- (a) ângulo reto
- (b) ângulo agudo
- (c) ângulo obtuso
- (d) ângulos complementares
- (e) ângulos suplementares
- (f) ângulos opostos pelo vértice

(A) Faça um triângulo com os seguintes ângulos internos

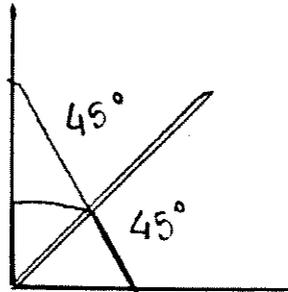
(a)  $60^\circ$        $60^\circ$        $60^\circ$

(b)  $60^\circ$        $90^\circ$        $30^\circ$

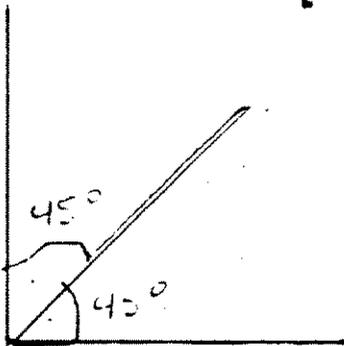
Figuras feitas no traçador e utilizadas pelos alunos para estudo de medida de ângulos.



Consecutivo

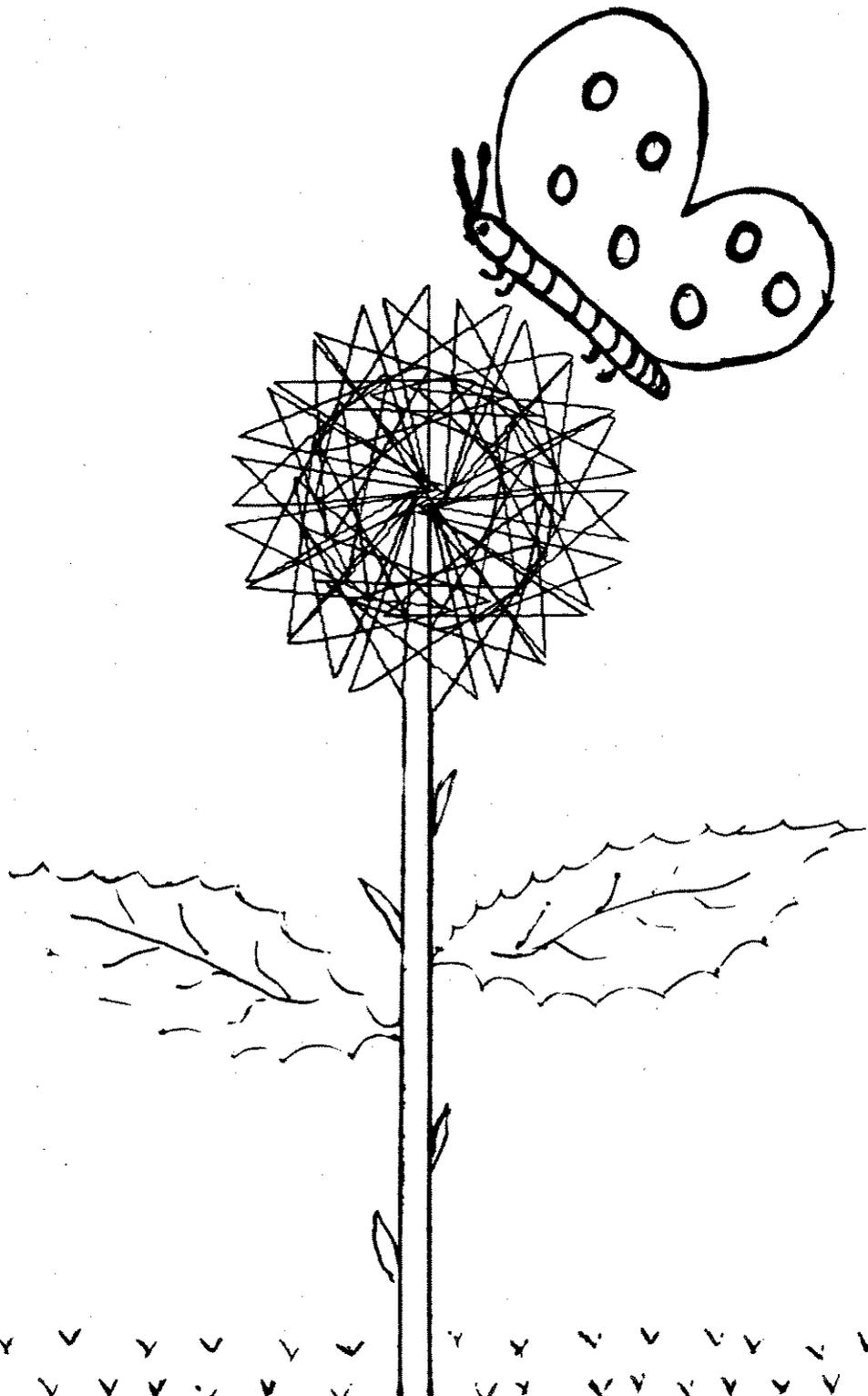


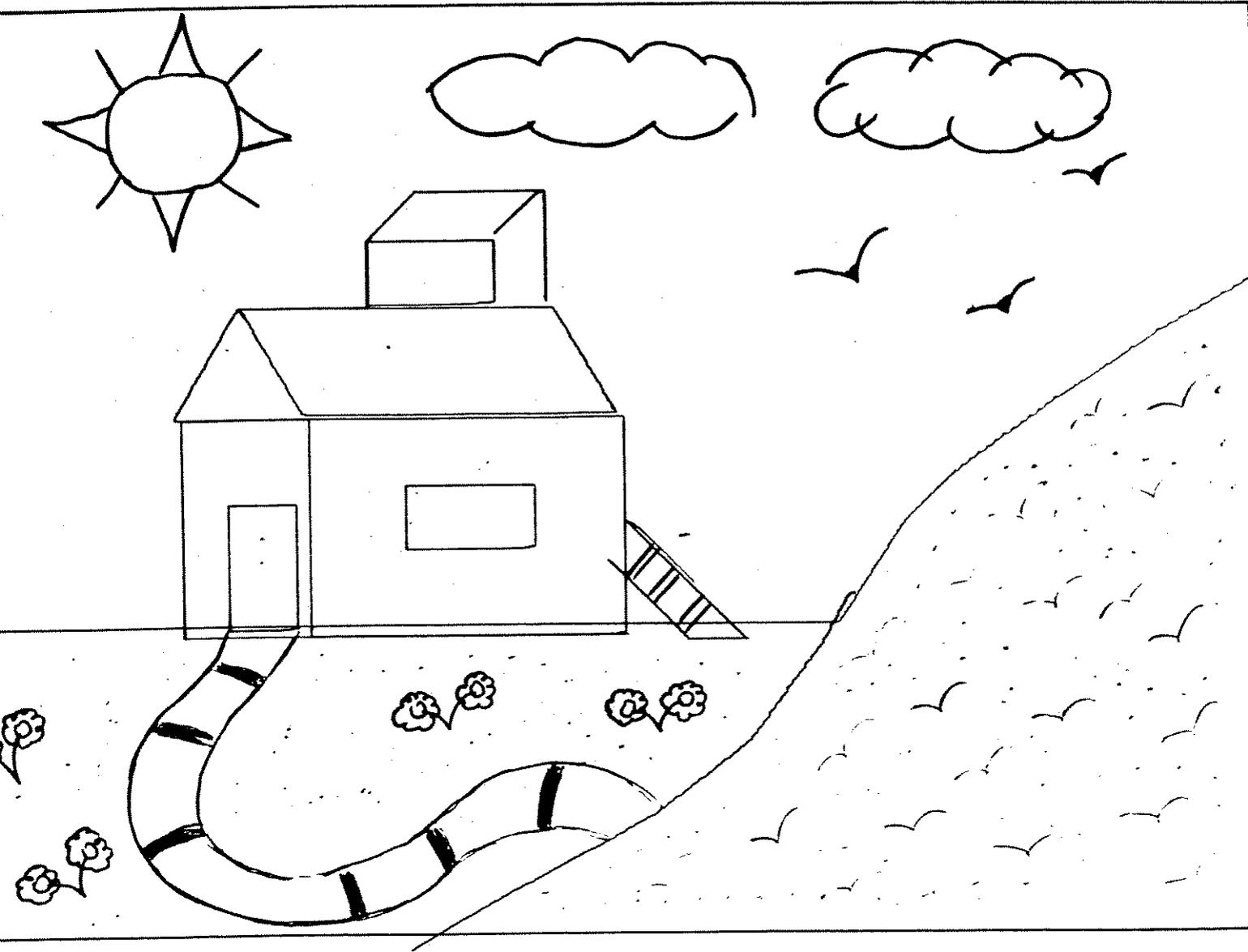
Congruente

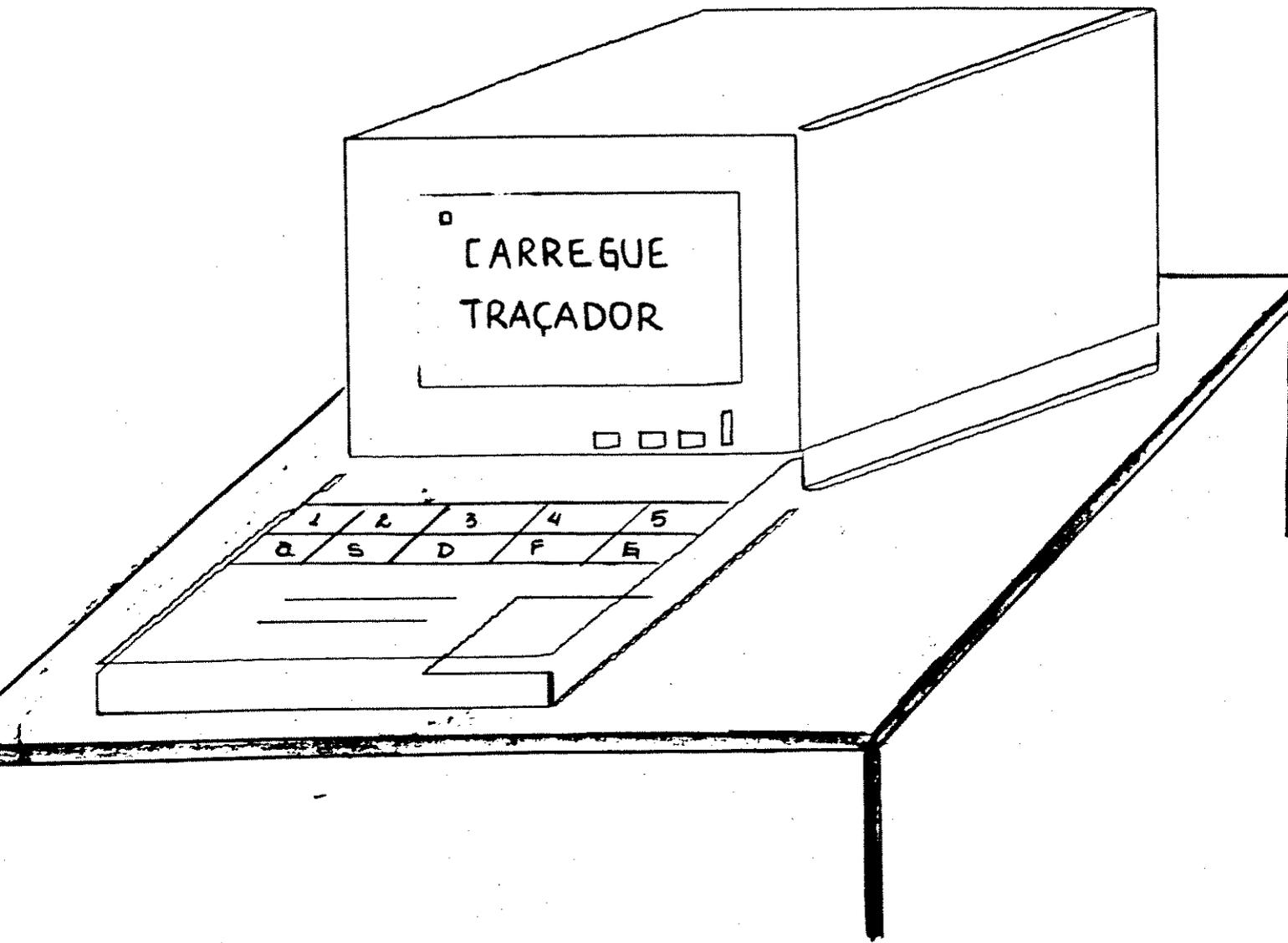


Adjacente

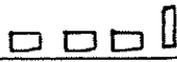
**ANEXO V**  
**Integração de desenhos**







□  
CARREGUE  
TRAÇADOR

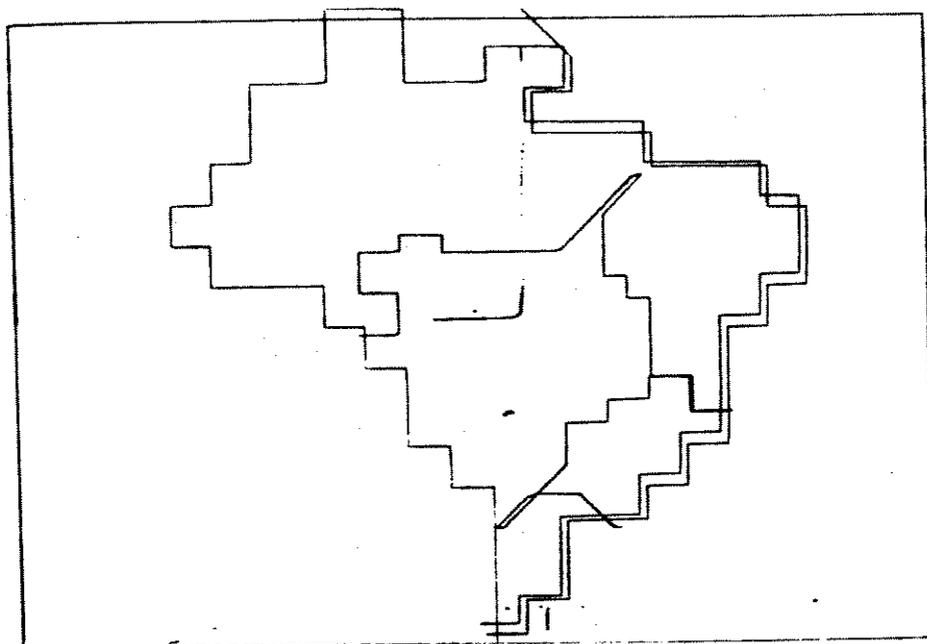


1	2	3	4	5
Q	S	D	F	E

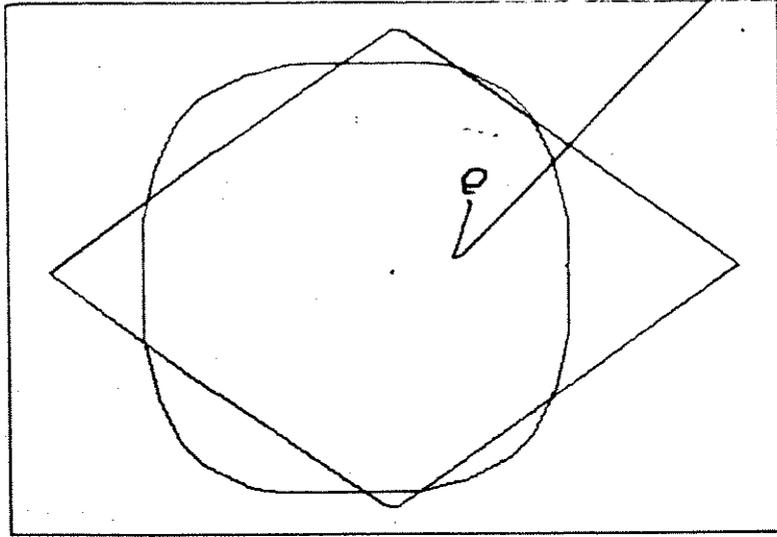
## **ANEXO VI**

**Uso do Traçador para realizar trabalhos de outras  
disciplinas escolares**

Mapa do Brasil

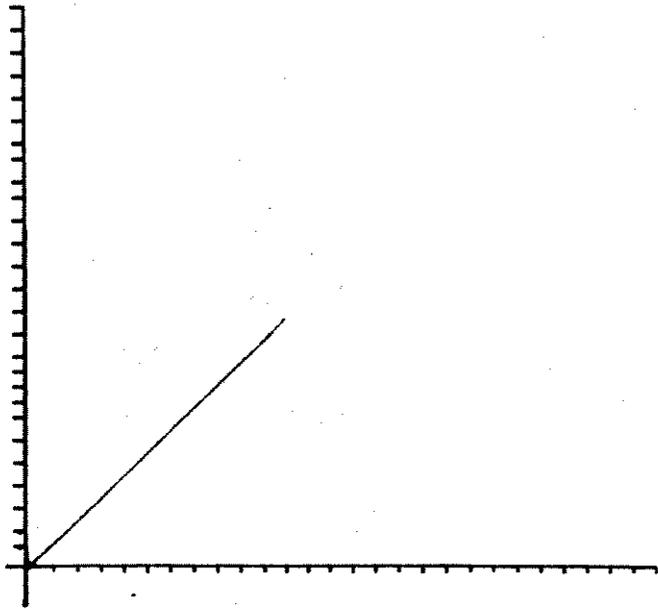


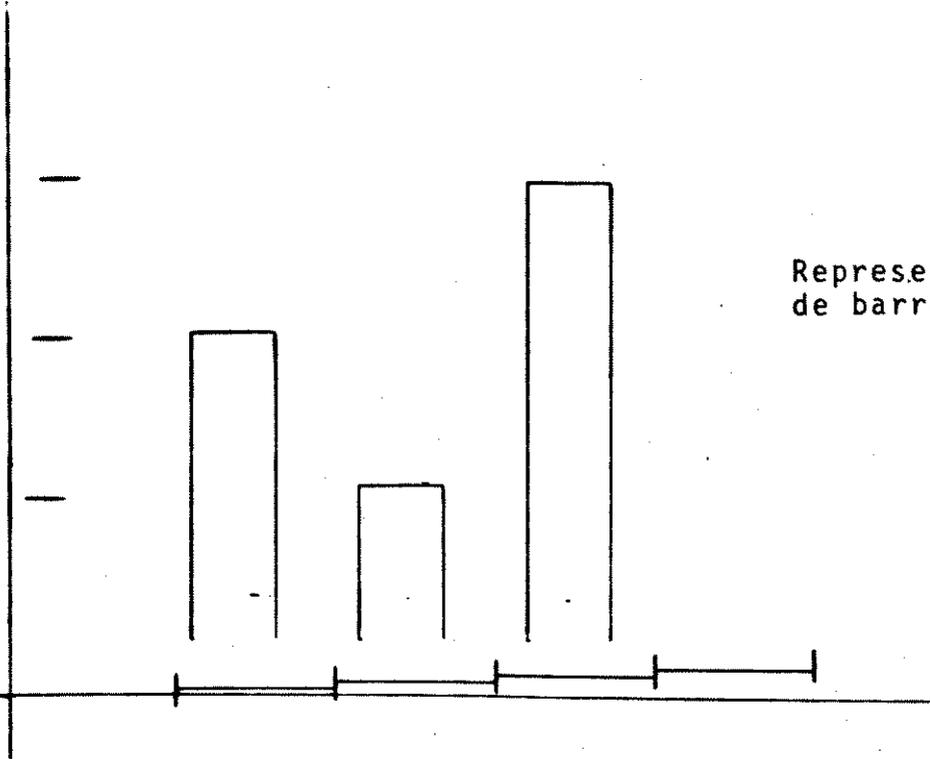
Bandeira da monarquia



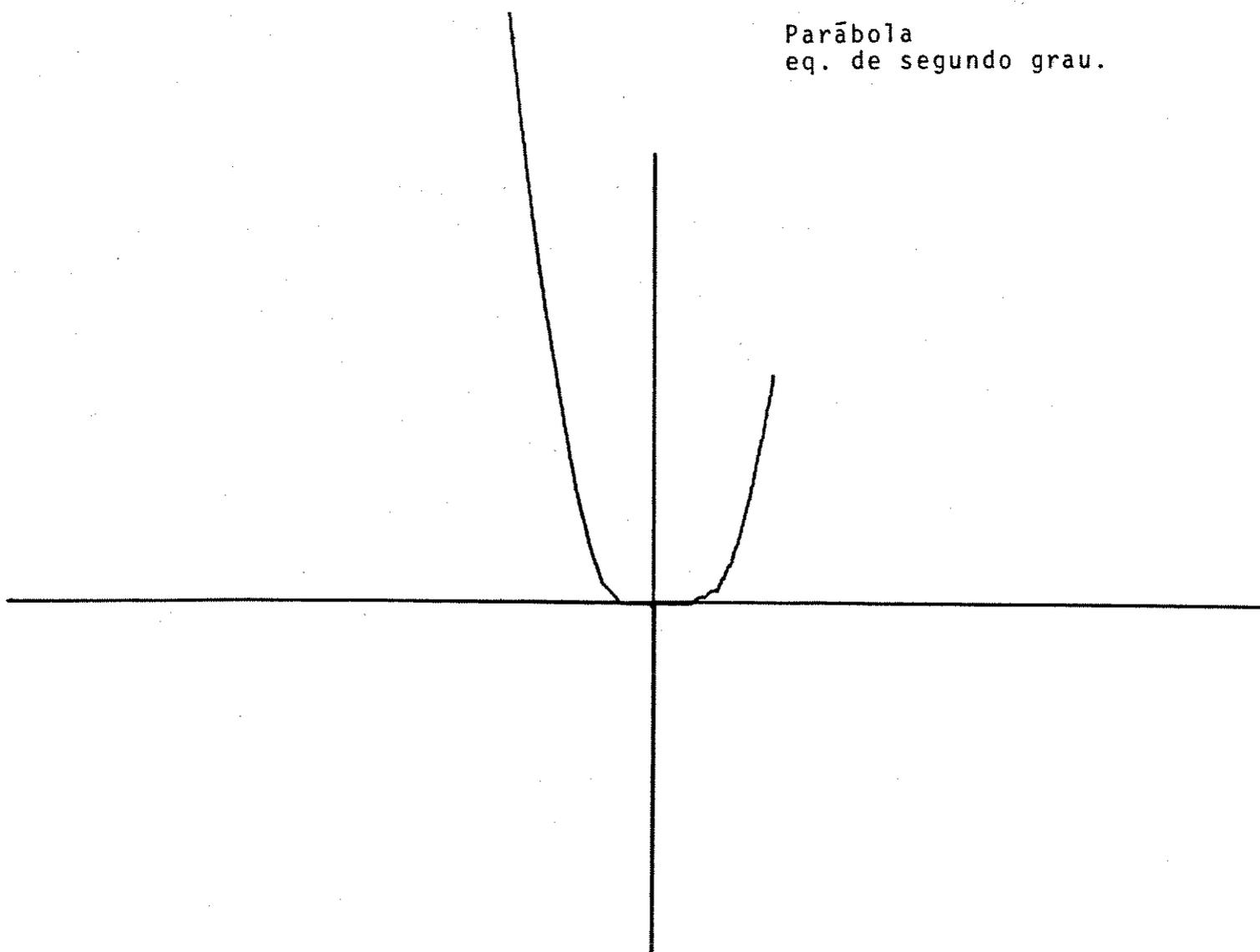
**ANEXO VII**  
**Estudo de Funções Matemáticas**

Reta  
Eq. de primeiro grau



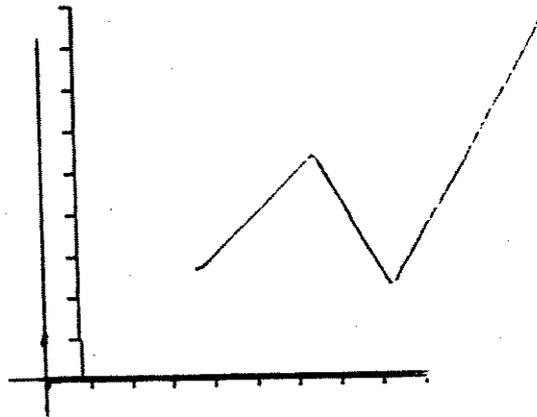


Representação de gráfico de barras.



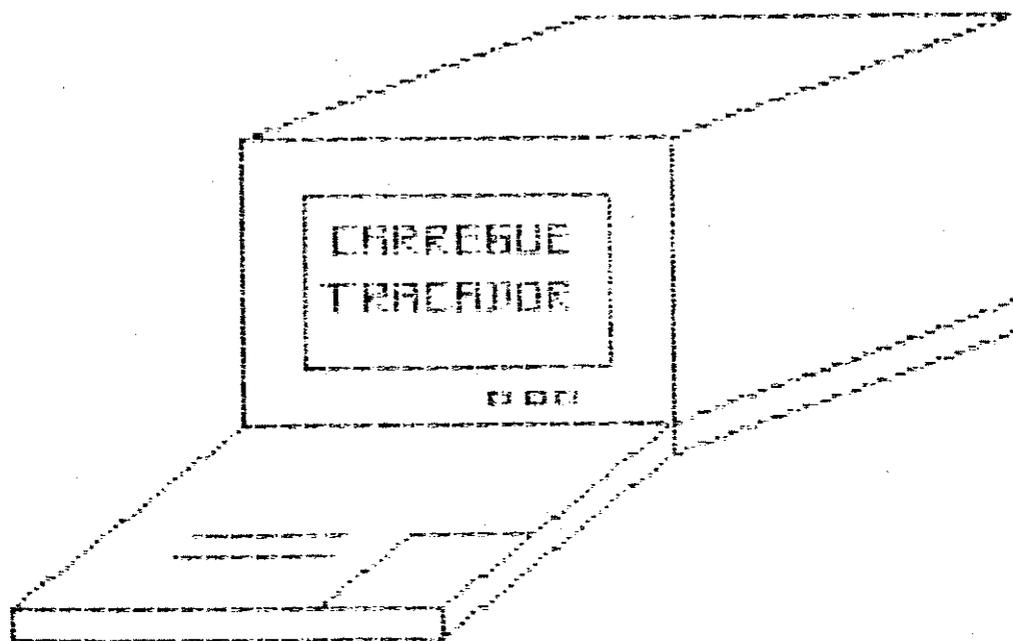
Parábola eq. de segundo grau.

Gráfico de uma função descontínua

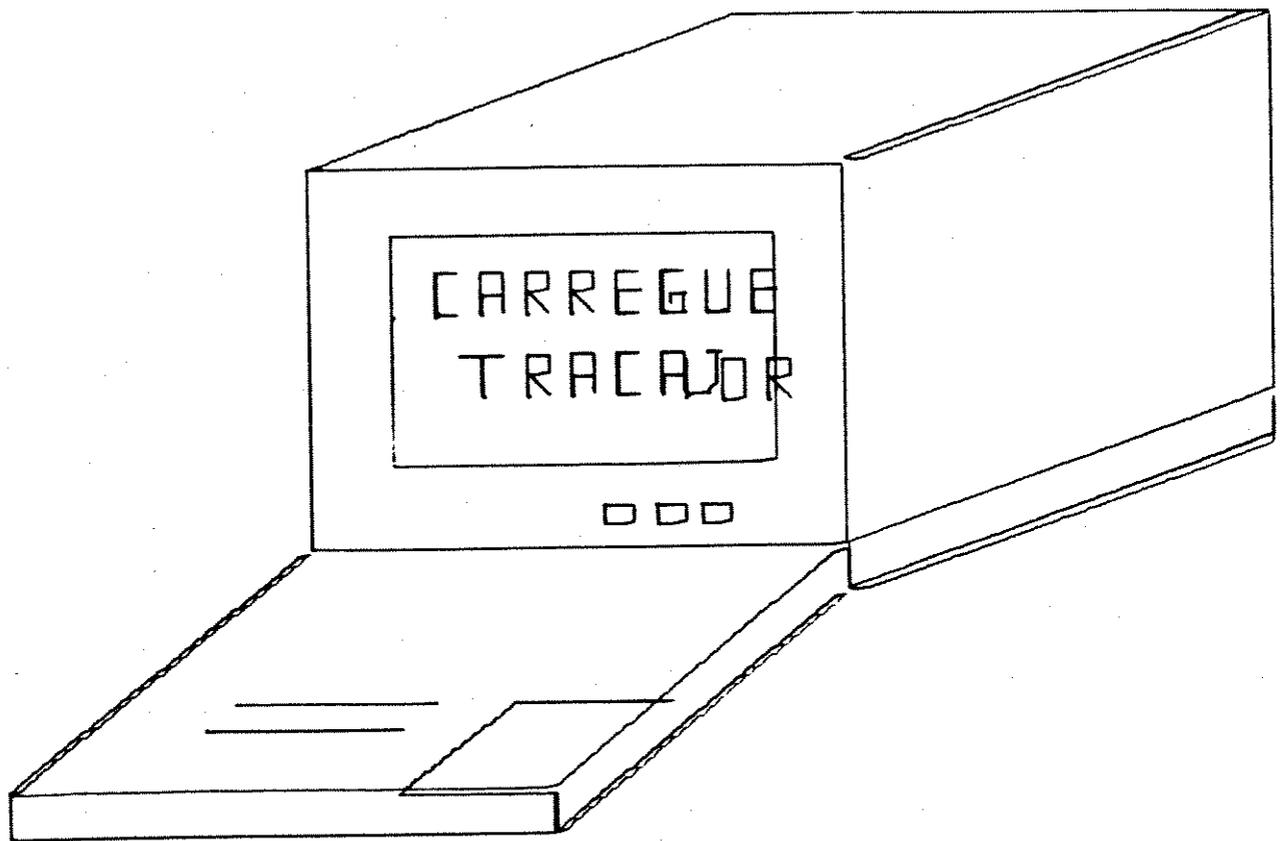


## **ANEXO VIII**

### **Utilização do Traçador para escrita**



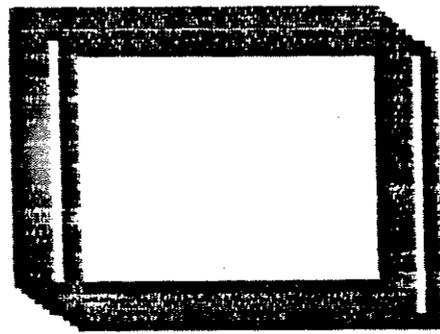
Desenho e escrita feitos pela Impressora



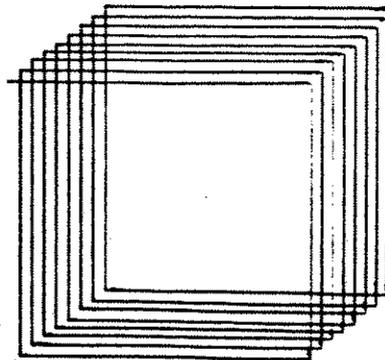
Desenho e escrita feitos pelo Traçador

## **ANEXO IX**

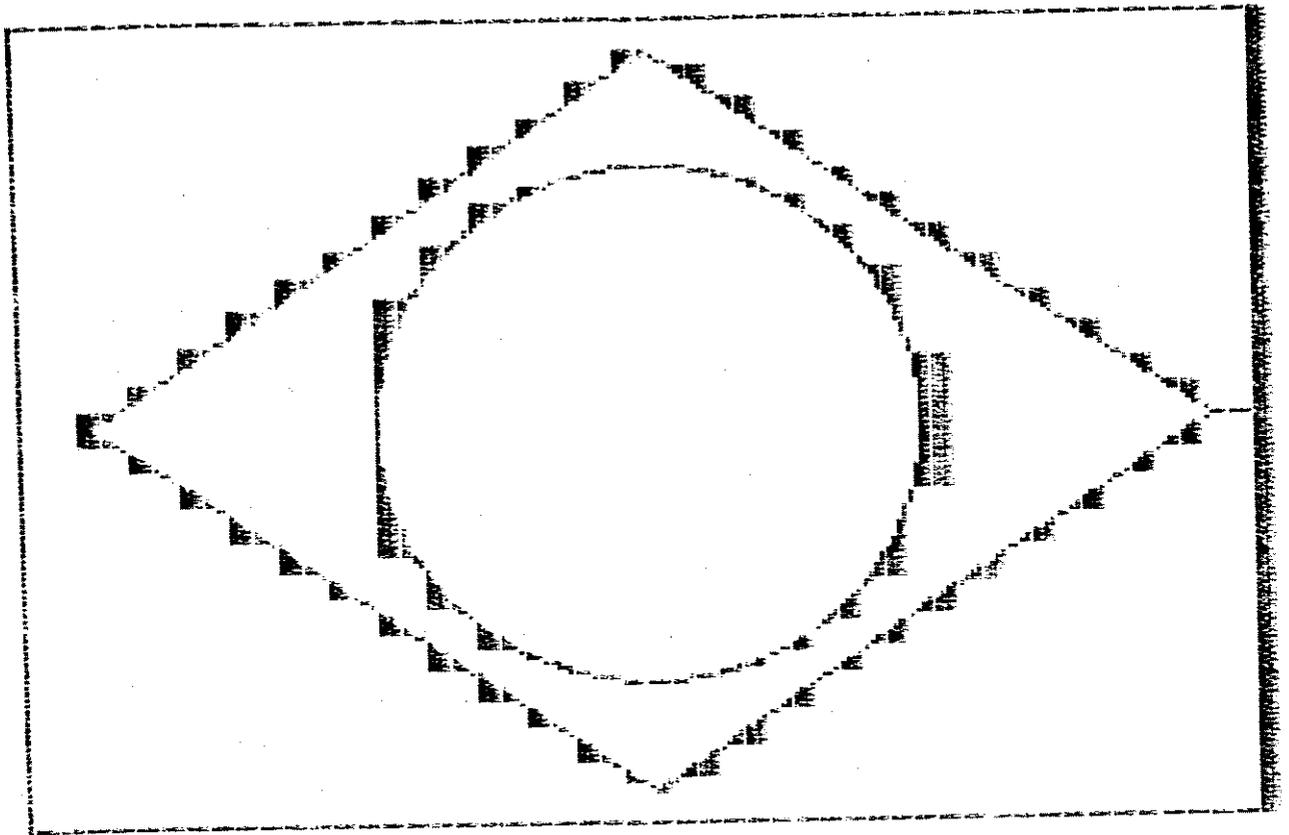
**Desenhos feitos pelo Traçador e Desenhos feitos pela Impressora**



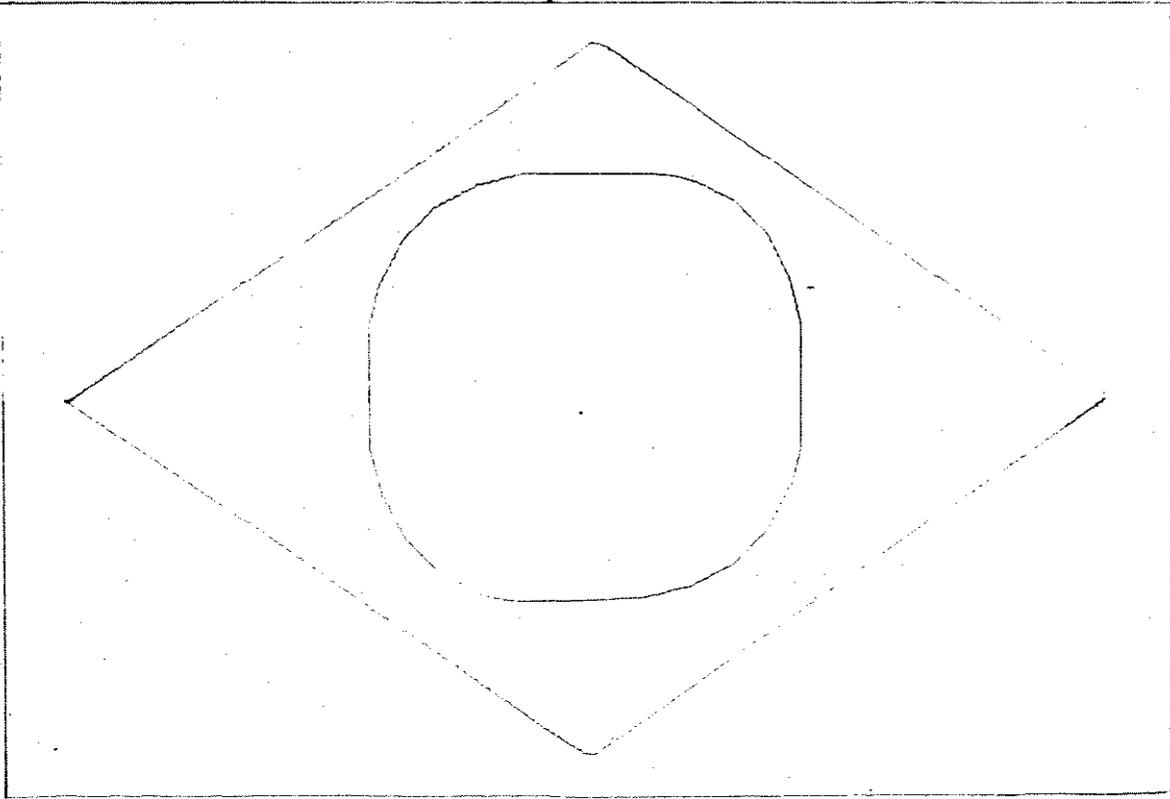
Desenho da Impressora



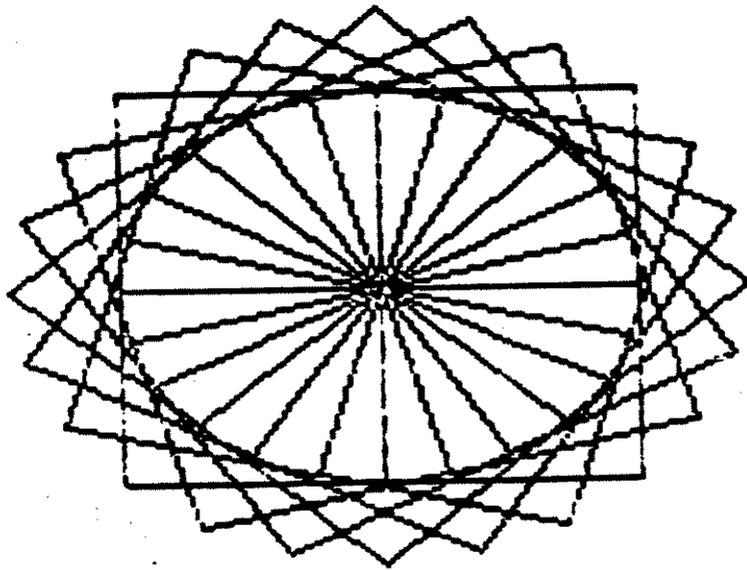
Desenho do Traçador



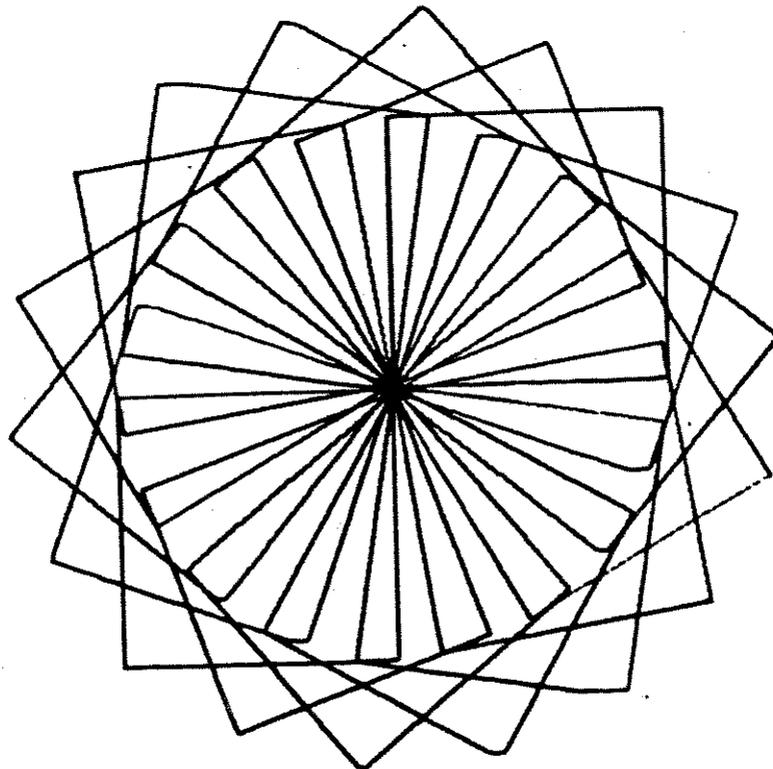
Desenho da Impressora



Desenho do Traçador



Desenho da Impressora



Desenho do Traçador

## **ANEXO X**

### **Alguns procedimentos elaborados pelos alunos**

aprenda casa

un pt 60 ul repita 2 [pf 40 pd 90 pf 50 pd 90]  
pf 40 pd 45 pf 35 pd 90 pf 35 un pd 45 pf 15 pd 90  
pf 18 pd 90ul

repita 2 [pf 5 pd 90 pf 8 pd 90]  
un pt 25 pe 90 pf 17 ul pd 90  
repita 2 [pf 15 pd 90 pf 8 pd 90]  
fim

aprenda lua

pe 90 repita 180 [pf 0,4 pd 1]  
pd 150 repita 110 [pf 0,49 pe 1]  
fim

aprenda montanha

mudecl 6 pd 35 pf 20 pd 10 pf 10 pd 5 pf 20 pd 5 pf 20  
pd 5 pf 25 pd 35  
fim

aprenda nuvem

un pf 45  
pe 90 pf 78  
pd 90 repita 4 [algodao]  
pe 90  
algodao pe 90  
repita 4 [algodao]  
pe 90  
algodao  
un pc  
fim

aprenda paisagem

mudecf 5  
mosquito  
pt 55 pe 90 pf 40 pd 90  
casa 70  
un pc  
fim

aprenda inicio  
tat  
margem  
mudecursor [2 6]  
esc [O Brasil é dividido em 5]  
mudecursor [2 7]  
esc [ regiões diferentes.]  
mudecursor [5 10]  
esc [São elas:]  
mudecursor [8 13]  
esc [NORDESTE]  
mudecursor [8 14]  
esc [NORTE]  
mudecursor [8 15]  
esc [CENTRO - OESTE]  
mudecursor [8 16]  
esc [SUDESTE]  
mudecursor [8 17]  
esc [SUL]  
mudecursor [1 22]  
fim

aprenda margem  
un mudex -120 ul  
pf 80 repita 2 [pd 90 pf 240 pd 90 pf 165]  
un pc ul  
fim

aprenda oceano  
un pc  
brasil  
brasil1  
brasil2  
brasil3  
ul pd 90 pf 10 pe 90 pf 10  
mudecl 5 pe 45 pf 17  
un pc pt 80 pd 90 pf 10 pe 90 ul pt 5  
un mudex 80 pf 10 ul pinte  
fim

aprenda regioao

dt un

pe 90 pf 10 pe 90

pf 10 pd 90 pf 10

pe 90 pf 20 pd 90

pf 10 pe 135 ul

pf rq 200 pe 45 pf 10

pe 45 pf rq 200

pt rq 700 pd 135

pf 10 pd 90 pf 10

pe 90 pf 5 pd 90 pf 10

pe 90 pf 5 pd 90 pf 10

pd 90 pf 10 pe 90 pf 10

pt 10 pd 90 pt 10 pe 90

pt 10 pe 90 pf 20 pe 90

pf 5 pd 90 pf 5 pe 90 pf 5

pd 90 pf 15 pd 45 pf rq 200

pt rq 200 pt rq 200

pe 135 pf 30 pd 90 pf 5

pe 90 pf 10 pe 90 pf 5

pd 90 pf 10 pe 90 pf 10

pe 90 pf 10 pd 90 pf 10

pd 90 pf 10

fim

aprenda tema

tat

mudecl 15

margem

mudecursor [4 10]

esc [AS REGIÕES BRASILEIRAS]

mudecursor [1 22]

fim

aprenda terra

un mudex -70 ul mudecl 8

pinte

fim

aprenda todo

tat mudecf 1 mudecl 4

margem

brasil  
brasil1  
brasil2  
brasil3  
brasil4  
brasil5  
brasil6  
brasil7  
brasil8  
regiao  
oceano  
terra  
fim