UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP

FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Tese Apresentada à Faculdade de Engenharia Elétrica da UNICAMP como Parte dos Requisitos para Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Elétrica.

Título: UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO COMPUTADORIZADO PARA PORTADORES DE DISTÚRBIOS NEUROMOTORES.

Autor: Jean André Lage Michalaros

Orientador: Prof. Dr. Saide Jorge Calil

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por Jean André Lage Michalaros e aprovada pela Comissão Julgadora em 23/08/91.

Orientador

Campinas, São Paulo, 1991.

BC/UNICAMP 432

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

Aos meus pais Glória e Michel,

e meus irmãos Cláudia e Yorghos.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente aos amigos do Instituto Nacional de Tecnologia - INT, principalmente a Cristina e Domingos, pelo apoio dedicado a este trabalho. Em seguida, agradecer aos profissionais e alunos da Associação Educacional do Quero-Quero, sem deixar de citar o amigo Mário Lúcio. Agradeço também aos professores do Departamento de Engenharia Biomédica e aos técnicos e funcionários do Centro de Engenharia Biomédica que, de alguma forma, colaboraram no desenvolvimento deste trabalho. Agradeço também aos amigos e colegas pelos momentos agradáveis e proveitosos que me propiciaram durante estes anos de convívio. Agradecimentos especiais aos alunos do curso de engenharia elétrica, Alexandre, José Roberto e Eduardo pela sua participação no trabalho, como bolsistas de Iniciação Científica.

Por fim quero agradecer à minha família, aos meus tios Rita e Toni e ao meu orientador Prof. Dr. Saide Jorge Calil, por seu apoio.

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de características e o desenvolvimento de dois protótipos de dispositivos microprocessados de ajuda à comunicação. Esses equipamentos podem ser utilizados por pessoas portadoras de distúrbios neuromotores que as impeçam de fazer uso voluntário dos músculos, incluindo o processo da fala. Os equipamentos reúnem características que objetivam uma assistência ao usuário, buscando reduzir o número de operações por ele realizadas e minimizar a taxa de erros cometidos durante o processo de comunicação, que compreende a elaboração e transmissão da mensagem. Todos estes esforços visam aumentar a fluência do usuário (*Fluency or Communication Rate*). Os resultados aqui atingidos representam o início de domínio de conhecimento para desenvolvimentos futuros, como por exemplo técnicas para obtenção de uma melhor fluência para usuários com elevado déficit motor. É importante mencionar que até o início deste trabalho, foram poucas as pesquisas realizadas no Brasil sobre dispositivos de ajuda à comunicação e nada foi entregue à comunidade a nível de produto de mercado.

ABSTRACT

This work describes a microprocessor based communication aid prototype. This device is applied to nonvocal severely motor impaired people. The device features includes user assistance, lowering the number of strokes (strokes means user input operations) and maximizing the error free message rate. All these efforts aim the improvement of the user's fluency (Communication Rate). The results here obtained lead to basic knowledge to be used in future developments to improve the life quality of the disabled.

It must be mentioned that until the beginning of this work, there had been few researches on communication aid devices in Brazil, and nothing had been passed to the community.

FIGURAS E TABELAS UTILIZADAS

FIGURAS PÁGINA

FIGURA 2.1 13

FIGURA 2.2 15

FIGURA 2.3 18

FIGURA 2.4 19

FIGURA 3.1 27

FIGURA 3.2 30

FIGURA 3.3 33

FIGURA 3.4 37

FIGURA 3.5 39

FIGURA 3.6 41

FIGURA 3.7 42

FIGURA 3.8 46

FIGURA 3.9 49

FIGURA 3.10 51

FIGURA 3.11 53

FIGURA 3.12 55

FIGURA 3.13 56

FIGURA 3.14 66

FIGURAS PÁGINA

FIGURA 3.15 70

FIGURA 3.16 73

FIGURA 3.17 75

TABELAS PÁGINA

TABELA 2.1 7

TABELA 3.1 59

TABELA 3.2 62

TABELA 4.1 81

TABELA 4.2 82

TABELA 4.3 85

TABELA 4.4 86

TABELA 4.5 87

TABELA 4.6 88

TABELA 4.7 89

ÍNDICE

Agradecimentos I

Resumo II

Abstract III

Figuras e tabelas utilizadas IV

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO 1

CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O problema biomédico 5

2.2 Sistemas de ajuda à comunicação 8

CAPÍTULO 3 - O PROJETO DO DISPOSITIVO DE AJUDA À COMUNICAÇÃO

3.0 Introdução 25

3.1 O princípio de funcionamento do PYTHIA 26

3.2 O processo de varredura 29

3.3 As funções do PYTHIA 36

3.4 A U.C.P. e o software do sistema 54

3.5 Sobre os dispositivos periféricos (I/O) 61

3.6 A fonte de alimentação 76

CAPÍTULO 4 - TESTES E RESULTADOS 77

CAPÍTULO 5 - DISCUSSÃO E CONCLUSÕES 90

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 97

APÊNDICE A - DISPOSITIVOS DE ENTRADA

APÊNDICE B - O MÉTODO *BLISS* DE COMUNICAÇÃO

APÊNDICE C - DESENHOS MECÂNICOS

APÊNDICE D - PRÊMIO CEMIG / IEEE DE TECNOLOGIA

CAPÍTULO 1 -INTRODUÇÃO

Um grande número de crianças e adultos necessita de uma assistência à comunicação, devido a perdas na habilidade da fala e do uso da linguagem gráfica causadas por problemas neuromotores. As crianças que desenvolvem a fala apresentam uma taxa de produção superior àquelas que desenvolvem uma comunicação não verbal. Estas últimas apresentam um desenvolvimento tardio[1], pobreza de vocabulário e dependem da paciência de uma segunda pessoa para analisar e traduzir a mensagem produzida. Devido a essas dificuldades, o deficiente tende a adotar uma forma de comunicação passiva o que o torna bastante isolado socialmente.

É possível incrementar a proficiência da linguagem, e conseqüentemente a taxa de desenvolvimento dessas crianças, oferecendo-lhes uma assistência precoce, dotando-as de recursos mais eficientes, os quais podem ser baseados em técnicas computacionais (von Tetzchner, 1988).

Em países socialmente mais avançados, vários sistemas alternativos de comunicação utilizando pictogramas, às vezes associados com palavras, foram desenvolvidos ou adaptados permitindo aos deficientes expressarem suas idéias e necessidades.

---

[1] Entende-se por desenvolvimento tardio um atraso do nível intelectual em relação à idade cronológica.

Dentre os vários sistemas alternativos de comunicação destaca-se o método Bliss (Bliss, 1965) por sua ampla utilização nos centros especializados em portadores de paralisia cerebral, já estando em uso no Brasil em algumas clínicas/escolas especializadas. O método, descrito em mais detalhes no apêndice B, é baseado em formas geométricas que tentam manter uma relação lógica entre o símbolo e seu significado, apresentando as vantagens de reduzir o tempo de formulação da mensagem e de poder ser aplicado em pessoas não alfabetizadas. Entretanto, apesar das vantagens desse método, é ainda necessário que o deficiente produza alguma forma de movimento físico para indicar o símbolo desejado.

O ato de apontar um objeto pode representar uma séria dificuldade ao deficiente. Dispositivos apontadores, adaptados em determinadas regiões do corpo escolhidas de forma a aproveitarem os movimentos mais facilmente controlados, são utilizados para simplificar a tarefa de indicar os símbolos desejados (Apêndice A).

No intuito de auxiliar a comunicação desses deficientes, existem no mercado exterior vários equipamentos eletrônicos de ajuda à comunicação, destacando-se equipamentos microprocessados dedicados ou operando em associação com microcomputadores pessoais (Bruno, 1984; Heckathorne e Childress, 1983; Ramey e Johnson, 1982). Através de um dispositivo de entrada (como uma chave liga / desliga), o deficiente envia informações para esses equipamentos, indicando assim a opção desejada. Estas opções podem ser símbolos, palavras, frases, letras ou funções de controle do equipamento.

Como o objetivo desses equipamentos é essencialmente a ajuda

à comunicação, a língua é um fator que deve ser observado. Sistemas importados de países de língua não portuguesa, trariam pouco benefício para deficientes brasileiros, mesmo os que utilizam simbologia pictográfica. Isto porque é função desse tipo de equipamento converter a mensagem formulada em uma determinada simbologia, para o equivalente na língua falada no país, permitindo a comunicação com pessoas que desconheçam a simbologia pictográfica utilizada.

No Brasil, a escassa utilização tanto dos métodos de comunicação alternativa quanto dos dispositivos de ajuda à comunicação, mesmo quando o uso de ambos é indicado, deve-se principalmente à falta de conhecimento das técnicas de comunicação alternativa por grande parte dos profissionais que lidam com esse tipo de deficiente.

Este trabalho justifica-se pela necessidade de incentivar o uso e explorar as vantagens dos dispositivos de ajuda à comunicação, opondo-se a práticas pouco científicas como a de tentar "adivinhar" os pensamentos de uma criança sem condições para expressar-se oralmente. O uso dessas práticas pôde ser observado em diversas escolas especializadas em deficientes, espalhadas pelos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais. Em paralelo, está a importância de um sistema desenvolvido observando-se as características da língua portuguesa. Uma característica importante é a possibilidade de fornecer ao *educador especial* uma realimentação da estratégia de ensino adotada.

Neste trabalho é apresentado um equipamento de ajuda à comunicação com característica de nova geração, que utiliza

técnicas como a varredura automática e acionamento por um único comando binário (o CAPÍTULO 2 descreve estas terminologias com detalhes), permitindo a seleção de símbolos pré-programados ou a escrita de palavras, a fim de formular mensagens que são posteriormente apresentadas em um visor de cristal líquido. O equipamento permite também a impressão dessas mensagens, assim como a interligação de várias unidades, formando uma rede que possibilita a comunicação entre deficientes, sem a ajuda de terceiros (um intérprete).

Esta dissertação apresenta cinco capítulos e três apêndices: O capítulo 1 (Introdução) apresenta sucintamente o problema em estudo, os objetivos, a importância, e a estrutura da tese. No capítulo 2 (Fundamentação Teórica) é apresentada uma análise do problema biomédico e uma descrição teórica dos sistemas de ajuda à comunicação. O capítulo 3 (O projeto do dispositivo de ajuda à comunicação) contém uma descrição do princípio de funcionamento e o projeto do sistema dividido em blocos. O Capítulo 4 (Testes e Resultados) apresenta os testes realizados com os alunos avaliados na Associação Educacional e de Reabilitação Motora do Quero-Quero. Finalmente no Capítulo 5 (Discussão e Conclusões) o sistema é avaliado quanto à sua eficiência e algumas alterações são sugeridas. O apêndice A lista uma série de acionadores usados como dispositivos de entrada. O apêndice B descreve sucintamente o método *BLISS* de comunicação por ter sido utilizado no equipamento, não implicando em obrigatoriedade o uso desse método com o equipamento. O apêndice C apresenta alguns dos desenhos mecânicos utilizados no estudo ergonômico dos dois protótipos desenvolvidos.

CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O problema biomédico

Diversas são as moléstias que produzem deficiência motora e da fala, dentre elas Acidente Vascular Cerebral (AVC), Esclerose Múltipla, Mal de Parkinson, Distrofia Muscular e, com maior freqüência, a Paralisia Cerebral.

A paralisia cerebral (ou PC) é uma encefalopatia que pode ter início desde o período pré-natal até os primeiros tempos de vida extrauterina. O termo paralisia cerebral foi bastante discutido pela classe médica em diversos países (LEFEVRE, 1980), assim como a definição exata dos casos considerados como PC. Uma definição clássica da PC pode ser retirada dos trabalhos de Christensen e Melchior (1967), que a classificam como "um grupo de distúrbios caracterizado pela reduzida habilidade para fazer uso voluntário dos músculos, causada por um distúrbio cerebral não progressivo e não hereditário, que se inicia antes ou no momento do parto, ou nos primeiros anos de vida". Como conseqüência desse distúrbio neuromotor, o portador de PC fica em grande parte das ocorrências impossibilitado de falar ou escrever, sendo que em casos mais graves o deficiênte não apresenta controle motor suficiente para, por exemplo, apontar um objeto.

Nos Estados Unidos, há mais de um milhão de crianças e adultos que necessitam de ajuda à comunicação (BUREAU FOR THE EDUCATION OF THE HANDICAPPED, 1976), sendo que existem cerca de 600 mil pessoas portadoras de paralisia cerebral (LEFEVRE, 1980). Na Inglaterra e nos países escandinavos adimite-se uma incidência

da paralisia cerebral em torno de 1,5 em cada 1000 crianças. Na Suécia, uma em cada mil crianças entre 4 e 16 anos apresenta deficiência motora e da fala, principalmente devido à paralisia cerebral (LAGERGREN, 1981). No Brasil, é quase impossível fazer-se uma estatística, mas pode-se presumir que a incidência da paralisia cerebral deve ser elevada, pois os cuidados satisfatórios com as gestantes atingem uma pequena parcela da população. A Tabela 2.1 apresenta um quadro da incidência de deficientes no Brasil, segundo publicação do Conselho Estadual Para Assuntos da Pessoa Deficiênte - CEAPD em São Paulo (MELO, 1986).

	FORMA DA DEFICIÊNCIA	POPULAÇÃO BRASILEIRA	QUANTIDADE (MILHÕES)
	MENTAL	5 %	6.50
	FÍSICA	2 %	2.60
	AUDITIVA	1.3%	1.69
	VISUAL	0.7%	0.91
*	MÚLTIPLAS	1 %	1.30
	Total	10.0%	13.00

Tabela 2.1. Incidêcia de deficientes na população brasileira, em 1986.
(Fonte : CEAPD - SP). O asterisco indica o grupo da paralisia cerebral.

(Dados fornecidos pela ONU)

Esses dados mostram a magnitude da necessidade e a importância de se desenvolverem estratégias adequadas de intervenção na linguagem de adultos e crianças que necessitam de ajuda à comunicação.

2.2 Sistemas de ajuda à comunicação

Os sistemas de ajuda à comunicação podem ser divididos em duas categorias básicas: os tradicionais e os considerados de nova geração (von TETZCHNER, 1985). Esta divisão distribui os equipamentos em função dos recursos técnicos disponíveis para acesso e apresentação das informações existentes.

SISTEMAS TRADICIONAIS

Os tradicionais são baseados na seleção direta ou por varredura (HECKATHORNE, 1983). Na seleção direta, o usuário pode digitar em um teclado ou apontar para uma prancha contendo letras, palavras, pictogramas, símbolos gráficos (*BLISSYMBOLS*), fotografias ou desenhos. Teclar ou apontar esses símbolos pode ser executado normalmente ou com a ajuda de acessórios (apontadores) adaptados as mãos, pés, cabeça ou queixo. Lanternas de foco concentrado adaptadas à cabeça do deficiente também podem ser utilizadas para indicar símbolos dispostos em uma prancha.

Os processos de varredura podem ser dirigidos ou automáticos (von TETZCHNER, 1988). Na varredura dirigida, um indicador (CURSOR, *PROMPT-DEVICE*) é deslocado através das informações dispostas usualmente em uma prancha, por meio de acionadores (*SWITCHES*), até atingir a posição desejada. Na varredura automática, esse deslocamento do cursor é realizado automaticamente a uma velocidade programada e um acionador é ativado quando o cursor atinge a informação desejada. A varredura pode também ser implementada com a ajuda de um ouvinte[1], tendo o deficiente de avisá-lo quando este (o ouvinte) apontar para a informação desejada. Os acionadores mencionados podem ser ativados pelas mãos, pés, cabeça, queixo, sopro, piscar de olhos, ou outra parte do corpo controlada pelo deficiênte.

Os métodos tradicionais de ajuda à comunicação são amplamente usados e apresentam vantagens como mobilidade e baixo custo, apresentando entretanto algumas implicações. O uso da varredura dirigida exige um controle motor preciso por parte do deficiente, enquanto que a varredura automática requer menos movimentos. Na seleção direta, dependendo do grau de comprometimento motor, tornam-se necessários símbolos razoavelmente grandes para que o deficiente consiga apontar apenas um símbolo de cada vez, sendo que alguns deficientes sequer conseguem utilizar esta técnica, devido ao déficit motor elevado.

---

[1] O termo "ouvinte" foi utilizado arbitrariamente para referir-se à pessoa que faz o papel de receptor na comunicação.

SISTEMAS DE NOVA GERAÇÃO

Os sistemas de ajuda à comunicação de nova geração baseiam-se na apresentação da mensagem em visores e/ou na síntese de voz.

Nesses sistemas são utilizados princípios dos métodos tradicionais, com uma eficiência incrementada. As palavras ou frases são mantidas no visor, reduzindo a necessidade do ouvinte manter sua atenção no processo de construção da mensagem. Além disso, torna-se mais fácil reconhecer uma falha na comunicação, como um erro de compreensão da informação. Com o auxílio das memórias digitais é possível a apresentação de frases previamente montadas e de uso mais freqüente, aumentando em alguns casos a velocidade da comunicação (BEUKELMAN, 1984).

A síntese de voz pode ser dividida em síntese por conversão de texto em sinal de voz (*TEXT-TO-SPEECH*), com baixa qualidade na reprodução, e síntese por reprodução de sinal de voz digitalizado e armazenado em memórias. Apesar de apresentar vantagens sociais, a síntese de voz necessita de uma tecnologia de custo elevado, para que se atinjam resultados satisfatórios.

O maior problema relacionado aos dispositivos baseados em computadores é a portabilidade do sistema. A necessidade de comunicação é uma constante em diversos locais e situações (trabalho, casa, escola). Uma característica importante que deve ser observada para os dispositivos de nova geração, geralmente baseados em computadores, é quanto a possibilidade dos mesmos serem utilizados como métodos tradicionais em caso de dano ou falta de energia (TETZCHNER, 1988).

Em todas as técnicas descritas, o tempo necessário para

completar uma mensagem é um item preocupante (BEUKELMAN, 1985; YODER e KRAAT, 1983; BAKER, 1982). Montar uma palavra ou frase, letra por letra, é um processo lento e pode durar alguns minutos. Esta demora pode causar uma quebra de comunicação, devido à dificuldade do ouvinte em manter a atenção em fragmentos de uma palavra ou frase por um tempo prolongado. Este problema típico dos métodos tradicionais, dependendo do comprometimento motor, leva a conversas curtas e a erros de compreensão, causando, portanto, frustrações.

A antecipação de palavras e letras tem-se mostrado bastante eficiente no aumento da fluência do usuário desses sistemas. A fluência é definida como a taxa de seleção de elementos de mensagem ou como taxa de produção de comunicação. Na antecipação de texto empregam-se regras gramaticais para determinação da provável letra que se segue, além de dados estatísticos sobre incidência de letras e palavras, que são calculados pelo próprio equipamento. Essas informações são armazenadas e processadas a partir de um dicionário de palavras que é constantemente organizado pelo sistema. Com estes recursos, um sistema de ajuda à comunicação pode predizer um grupo de letras ou palavras, onde há uma maior probabilidade de estar a próxima letra ou palavra desejada pelo usuário, durante a formulação de uma mensagem (HECKATHONE, 1982; GILBER, 1982).

ESTRUTURA BÁSICA DE UM SISTEMA DE AJUDA À COMUNICAÇÃO

Diversas são as técnicas empregadas em sistemas de ajuda à comunicação. Entretanto, envolto por esta variedade de recursos está uma estrutura básica que esquematiza fielmente os componentes desses sistemas, como pode ser visto na Figura 2.1.

DISPOSITIVOS DE ENTRADA

Os dispositivos de entrada, referidos aqui como acionadores, são responsáveis pela transdução de algum movimento físico possível de ser controlado pelo usuário em informação útil para o equipamento.

O sucesso de um sistema de ajuda à comunicação depende enormemente do dispositivo de entrada utilizado. É difícil a padronização desses dispositivos devido à grande variedade de quadros de déficit motor apresentados pelos deficientes. Por isso, devem ser projetados em função do movimento mais facilmente controlado pelo usuário, sem oferecer dificuldade de acionamento e não provocando fadiga sob uso prolongado. O APÊNDICE A ilustra uma série de dispositivos de entrada existentes.

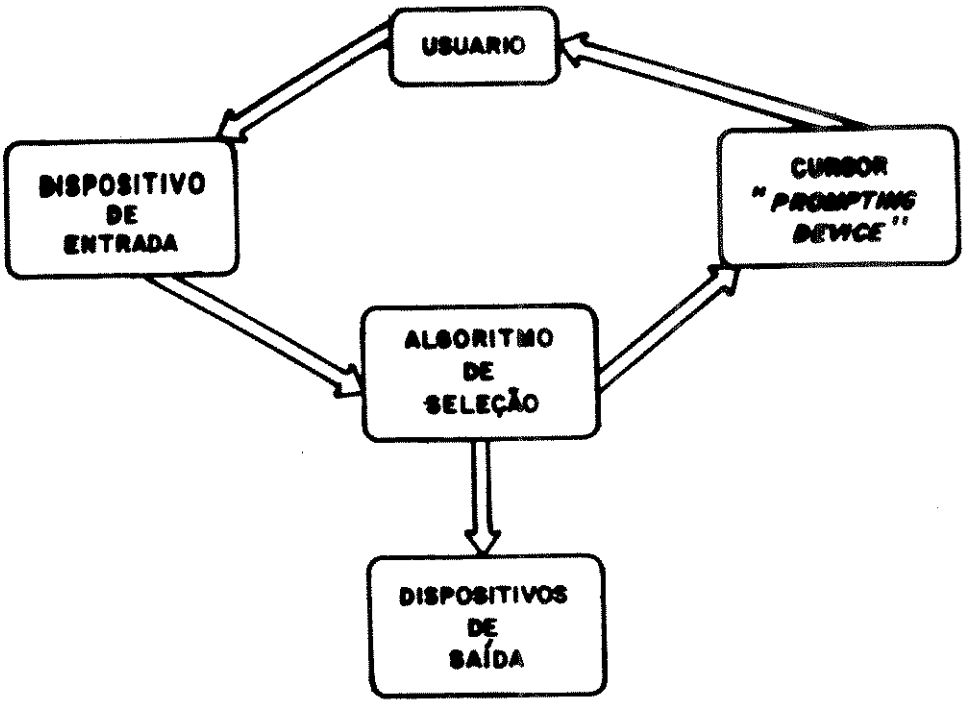
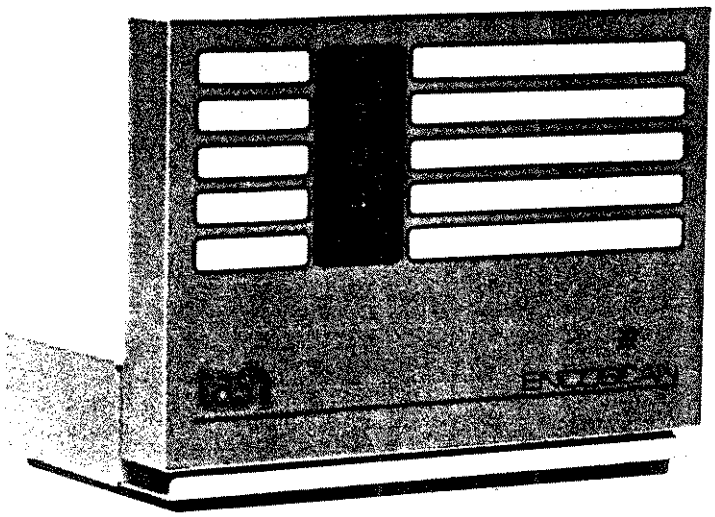


Figura 2.1. Estrutura básica de um dispositivo de ajuda à comunicação.

DISPOSITIVOS DE SAÍDA

Os dispositivos de saída são responsáveis pela apresentação da mensagem formulada. Podem ser distribuídos em três categorias: os permanentes, como por exemplo as impressoras, os temporários, como os monitores (T.R.C. ou visor de cristal líquido), e os transitórios, como os sintetizadores de voz. Pode-se ainda considerar os aparelhos de controle remoto de cargas elétricas ambientais (por exemplo: televisão, lâmpadas, etc.), acoplados aos sistemas de ajuda à comunicação, como dispositivos de saída (Figura 2.2). Esses controladores de cargas ambientais são dispositivos que atuam sobre equipamentos elétricos domésticos, porém sendo controlados a partir dos mesmos recursos de seleção utilizados nos equipamentos de ajuda à comunicação.

Os dispositivos de saída devem apresentar a mensagem final livre de erros, e possibilitar seu entendimento para qualquer ouvinte em potencial. Para isto, um sistema de ajuda à comunicação deve ser dotado de recursos de correção de erros antes da apresentação da mensagem final (BUHR e HOLTE, 1981).



4105 Kincontrol

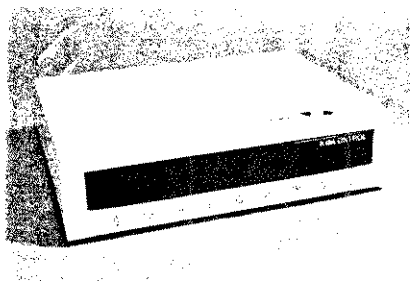


Figura 2.2. Unidades de controle remoto de cargas elétricas ambientais.

O ALGORITMO DE SELEÇÃO

O algoritmo de seleção representa a forma codificada das operações realizadas no dispositivo de entrada, para acesso aos símbolos do conjunto de seleção. Por exemplo, o mais simples dos processos de codificação é a correspondência unívoca existente entre dispositivos de entrada e símbolos de seleção, como em uma máquina de escrever. Cada tecla representa um dispositivo de entrada, sendo as letras e os números o conjunto dos símbolos de seleção. Entretanto, para operar tal equipamento é necessaria uma razoável coordenação motora. A fim de permitir o acesso a um conjunto maior de símbolos com um mínimo de dispositivos de entrada (uma ou duas chaves), utiliza-se um processo de codificação. A codificação pode ser traduzida em termos de dois grupos: o grupo de objetos que estão codificados (conjunto de seleção), e o grupo de elementos códigos (sinais de entrada) (BUHR e HOLTE, 1981).

Em uma apresentação matricial do conjunto de seleção utilizando-se uma varredura automática do tipo linha/coluna e um único dispositivo de entrada, o grupo de elementos códigos para seleção de um símbolo, se reduz ao disparo do dispositivo de entrada quando a varredura atingir a linha em que se encontra esse símbolo e, em seguida um novo disparo quando a varredura da coluna atingir o símbolo.

Outra forma de distribuição conjunto de seleção, é como uma árvore binária. Considerando-se um sistema cujo conjunto de seleção seja A, B, C, D, E, F, G, H, sendo selecionados por um dispositivo de entrada constituído de duas chaves, D (DIREITA) e E

(ESQUERDA), o algoritmo de seleção desse sistema é gerido pelos códigos na Figura 2.3. O código inverso em forma de árvore, para o sistema mencionado acima, é mostrado na Figura 2.4.

A eficiência do algoritmo de seleção influencia diretamente a velocidade de seleção.

PARA SELECIONAR ESTA LETRA	ACIONE ESTA SEQÜÊNCIA
A	E,E,E
B	E,E,D
C	E,D,E
D	E,D,D
E	D,E,E
F	D,E,D
G	D.D,E
H	D,D,D

Figura 2.3. Códigos para duas chaves D e E.

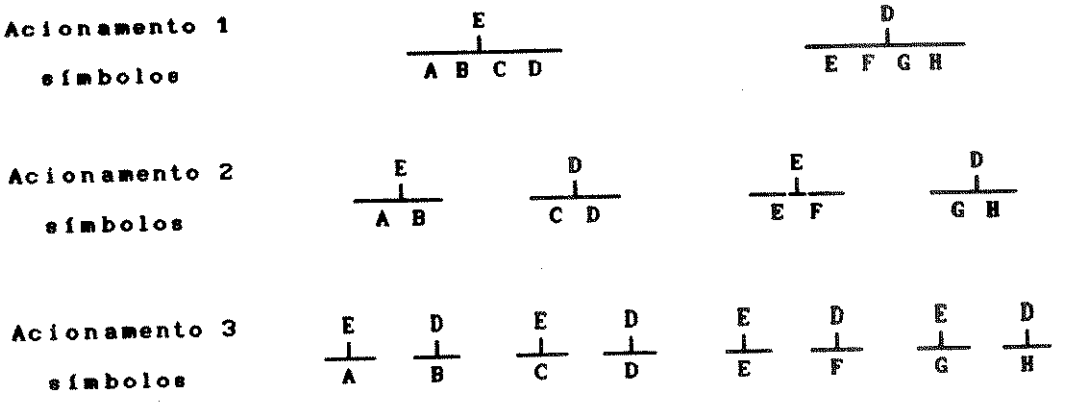


Figura 2.4. Distribuição em árvore para o sistema com duas chaves, D e E, para acionamento.

Como exemplo, a fim de selecionar a letra B ativa-se primeiramente o acionador E, que contém o subconjunto das letras A ,B, C e D. Em seguida, ativa-se novamente o acionador E, que representa as letras A e B. Ativando-se o acionador D, a seleção da letra "B" estará completa.

DISPOSITIVO DE APRESENTAÇÃO

O dispositivo de apresentação , *PROMPT-DEVICE*, ou cursor, informa ao usuário que símbolos estão disponíveis para seleção e, em alguns casos, qual o caminho que deve ser seguido para a seleção, não sendo necessário que o usuário memorize o método de codificação utilizado no algoritmo de seleção. O cursor percorre as informações (símbolos de seleção) distribuídas segundo uma representação gráfica elaborada para suprir deficiências específicas do usuário, como problemas de acuidade visual.

REPRESENTAÇÃO DO ALGORITMO DE SELEÇÃO

BUHR e HOLTE (1981) descrevem a representação do algoritmo de seleção sob forma de uma árvore binária. Eles tambem propõem critérios de medida de performance de sistemas de ajuda à comunicação que utilizam árvores binárias, sugerindo a construção de árvores mais eficientes baseadas no algoritmo de Huffman (TENENBAUM, 1986). Segundo estes critérios, a velocidade de seleção, fator relevante para sistemas de ajuda à comunicação, pode ser medida por:

Velocidade de Seleção = V.A.U. / E.P.O., onde

V.A.U. é a velocidade média de acionamento[1] do usuário.

E.P.O. é a eficiência do processo ótimo, medida em acionamentos[1] por símbolo selecionado.

HECKATHORNE e CHILDRESS (1983), BRESLER (1982) e GREYSTONE (1982) descrevem a utilização de algoritmos de seleção representados na forma matricial, utilizando processos de varredura linha-coluna automática. Nesta técnica de varredura, as linhas de uma matriz são percorridas por um cursor, automaticamente, uma após a outra, e após um comando do usuário a varredura passa a ser executada sobre as colunas da linha selecionada. O uso extenso dos processos de varredura matricial deve-se a sua versatilidade e simplicidade, podendo ser utilizada com apenas um dispositivo de entrada.

O objetivo de qualquer sistema de ajuda à comunicação é maximizar o grau de articulação e a fluência do usuário. O grau de articulação é determinado pela relação de proximidade entre os elementos de mensagem fornecidos pelo equipamento e as necessidades de comunicação do usuário. A fluência é, como definido anteriormente, a taxa de seleção de elementos de mensagem, comumente referida como taxa de comunicação (HECKATHORNE e CHILDRESS, 1983).

---

[1] Acionamento refere-se à ativação do dispositivo de entrada.

Existe uma certa relação de compromisso entre fluência e articulação e a função a que se destina o sistema de ajuda à comunicação. Sistemas destinados à geração de textos empregam elementos de mensagem que incrementam a articulação, muitas vezes em detrimento da fluência. Sistemas destinados a substituir a comunicação oral apresentam elementos de mensagem que são organizados a fim de aumentar a fluência do usuário. Isto é necessário devido a importância da velocidade de resposta durante a comunicação diária. Uma pessoa normal apresenta uma fluência da ordem de 120 a 180 palavras por minuto. Na varredura, esta taxa é da ordem de 2 palavras por minuto, enquanto uma pessoa com boa habilidade motora, utilizando recursos de seleção direta ou Código Morse, atinge uma taxa de 25 palavras por minuto (BEUKELMAN, 1985; YODER e KRAAT, 1983).

PROCEDIMENTOS BÁSICOS PARA PROJETO DE SISTEMAS DE AJUDA À COMUNICAÇÃO

Procedimentos para projeto de sistemas de ajuda à comunicação foram descritos por muitos pesquisadores (HECKATHORNE e CHILDRESS, 1983; von TETZCHNER, 1988; BUHR e HOLTE, 1981; VANDERHEIDEN, 1978; BEUKELMAN e YORKSTON, 1984). A seguir são descritas as características mais relevantes para sistemas que se destinem ao auxílio à comunicação:

1) Em primeiro lugar é vital uma avaliação das capacidades física e psicológica do usuário do sistema. As especificações de projeto são dependentes da avaliação do usuário, e conseqüentemente, a eficiência do sistema.

2) Deve-se observar os objetivos principais desses sistemas que são de aumentar a fluência e a articulação do usuário, assim como minimizar a taxa de erros cometidos.

3) O número e o tipo dos dispositivos de entrada irá refletir as habilidades físicas do usuário. Somente os mais fluentes movimentos devem ser aproveitados.

4) Após definido um conjunto de símbolos de seleção o sistema deve ser provido da capacidade para ampliar este conjunto, assim como possuir recursos para correção de erros.

5) A antecipação de letras e palavras é um recurso importante para o aumento da fluência e minimização das operações do usuário.

6) Os dispositivos de saída devem satisfazer as necessidades de expressão do usuário, permitindo a correção de erros cometidos durante a elaboração das mensagens. Normalmente, mais de um tipo destes dispositivos serão necessários (um permanente e um temporário).

7) É fundamental que o sistema como um todo satisfaça as necessidades de comunicação do usuário, que compreendem elaboração e apresentação da mensagem elaborada.

CAPÍTULO 3 - O PROJETO DO DISPOSITIVO DE AJUDA À COMUNICAÇÃO

3.0 Introdução

Como citado no capítulo anterior, em torno da estrutura básica de um sistema de ajuda à comunicação, Figura 2.1, várias são as técnicas empregadas para atingir os dois objetivos primários desses equipamentos: fluência e grau de articulação (ítem 2.2).

O sistema de ajuda à comunicação aqui descrito, de agora em diante referido como PYTHÍA, caracteriza-se como um sistema microprocessado dedicado. O sistema possui uma chave do tipo *single-switch* como dispositivo de entrada e como dispositivos de saída um visor de cristal líqüido (dispositivo temporário), uma interface paralela para impressora (dispositivo permanente) e uma interface para comunicação em rede, que permite a transmissão de mensagens de uma unidade para outra, tornando possível a comunicação entre deficientes.

Os símbolos do conjunto de seleção estão divididos em dois grupos que são acessados por dois algoritmos de seleção, dependendo do modo de operação corrente. O primeiro grupo é formado por 192 palavras, frases e comandos do sistema, todos codificados em *BLISSYMBOLS* e dispostos no painel frontal do equipamento. Neste modo de operação, ou seja, quando utiliza-se as informações do painel frontal, os símbolos são percorridos por uma varredura matricial. O segundo grupo é constituido por um dicionário de palavras (banco de palavras) e letras do alfabeto armazenados em memória EPROM. Seu objetivo é ampliar o primeiro

grupo, permitindo a formação de novas palavras. Para este modo de operação, chamado de modo Alfabeto, a varredura é realizada no visor de cristal líqüido e utiliza-se uma varredura linear.

Devido aos dois locais diferentes de varredura são necessários dois cursores (*prompt devices*). Para a varredura no painel frontal o cursor aparece na forma de um "LED" ou um grupo de "LEDs" acesos, e nas ocasiões em que o visor de cristal líqüido estiver sendo utilizado, a varredura ocorre através de um cursor piscante (o caracter sublinhado).

3.1 O princípio de funcionamento do PYTHÍA

O PYTHÍA pode ser definido como um dispositivo que apresenta uma série de informações dispostas em um painel frontal, na configuração de uma matriz de 12 linhas por 16 colunas, além de várias outras informações contidas na memória do equipamento (Figura 3.1). Todas essas informações são obtidas através de um único comando binário e, para tornar possível esta forma de acesso, foi introduzida uma variável de tempo que muda automaticamente a opção de escolha corrente, a cada intervalo de tempo (τ) (esta técnica é denominada varredura automática). A varredura é produzida por dois algoritmos que serão tratados oportunamente.

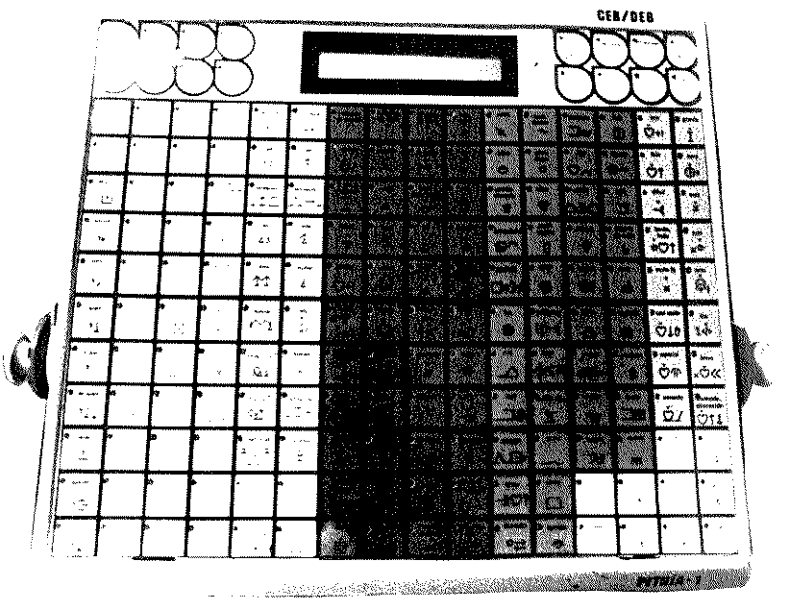


Figura 3.1. Painel contendo as informações programadas.

Ao ligar o equipamento, a varredura inicia-se nas linhas da matriz que compõem o painel frontal, acendendo todos os "LEDs" pertencentes a cada linha, uma linha de cada vez (note que a cada elemento da matriz está associado um "LED").

Através da ativação do dispositivo de entrada (ítem 3.5.1) pelo usuário, a varredura passa a correr sobre os "LEDs" da linha selecionada, acendendo individualmente cada "LED", perfazendo uma varredura sobre as colunas. A varredura permanece sobre a linha até que novamente o dispositivo de entrada seja ativado. Através da segunda ativação do dispositivo de entrada, o algoritmo de seleção executa a operação que lhe é determinada e recomeça a varredura inicial por sobre as linhas da matriz. Desta forma, com apenas duas ações do usuário pode-se ter acesso a qualquer uma das informações do PYTHÍA, fazendo uso de um único dispositivo binário de entrada.

As informações mencionadas acima são divididas em duas categorias: unidades de linguagem e funções do equipamento. As unidades de linguagem podem ser letras, palavras, números ou frases programadas no PYTHÍA. As funções representam comandos que atuam de alguma forma específica no funcionamento do equipamento, como por exemplo apagar um caracter ou palavra, ou imprimir o conteúdo do visor. Quando uma unidade de linguagem é selecionada, esta é transferida para o visor de cristal líqüido a fim de compor a mensagem que está sendo elaborada. Na escolha de uma função, esta atua especificamente na mensagem ou no equipamento, dependendo do comando selecionado.

3.2 O processo de varredura

3.2.1 A base de tempo de varredura

A varredura automática é produzida a partir de um circuito que gera uma base de tempo conforme mostra a Figura 3.2. O sinal de 12 MHz, proveniente do gerador de relógio da U.C.P., passa por um divisor por 100, obtendo-se um sinal de 120 KHz que é enviado a um dos contadores do contador programável 8253. A velocidade de varredura é controlada a partir de um número divisor "escrito" neste contador programável. Foram implementadas cinco velocidades para a varredura (ítem 3.3.6), as quais podem ser selecionadas pelo usuário afim de compatibilizar o tempo de varredura ao tempo de resposta daquele usuário. Ao término de uma contagem, o contador programável libera um sinal de interrupção que é conduzido a um circuito controlador de interrupções 8259. O atendimento desta interrupção resulta na execução de uma das rotinas de varredura que serão tratadas a seguir (ítem 3.2.2).

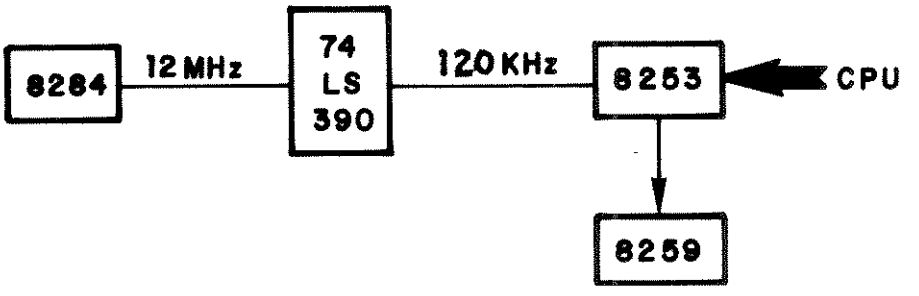


Figura 3.2. Diagrama em blocos do circuito gerador de base de tempo.

3.2.2 Os algoritmos de varredura

Duas rotinas de varredura foram implementadas afim de atender aos dois tipos de varredura existentes no PYTHÍA, a varredura matricial (*matrix scan*) e a varredura linear (*linear scan*). A Figura 3.3 ilustra o processo de varredura matricial. Na varredura matricial, o cursor (*LED* aceso) movimenta-se na seqüência linha-coluna. Primeiro são varridas as linhas da matriz, acendendo-se os "LEDs" pertencentes às linhas, uma linha após a outra. Em seguida, percorre-se os "LEDs" de uma determinada linha, um a um, executando-se assim a varredura das colunas. Esse tipo de varredura é também mencionado na literatura como varredura Linha-Coluna. A mudança da seqüência de varredura das linhas para as colunas é controlada pelo dispositivo de entrada. Quando a varredura atinge uma linha que possui a informação desejada, o dispositivo de entrada deve ser ativado. Em seguida, a varredura passa a percorrer as colunas dessa linha e quando atingir a posição do elemento que contém a informação desejada, novamente o dispositivo de entrada deve ser ativado. A partir desse momento completa-se a seleção de um elemento e após o processamento da operação, a seqüência de varredura retorna à situação inicial, onde as linhas são varridas.

Nesse tipo de varredura com apenas duas atuações no dispositivo de entrada é possível selecionar um elemento, permitindo um acesso mais rápido a um número maior de informações. Desde que as informações contidas nos elementos dessa matriz sejam completas, o tempo despendido esperando a varredura atingir a posição desejada é compensado. No PYTHÍA esses elementos possuem palavras e frases mais usadas, as quais foram devidamente escolhidas para atender aos usuários que colaboraram com os testes.

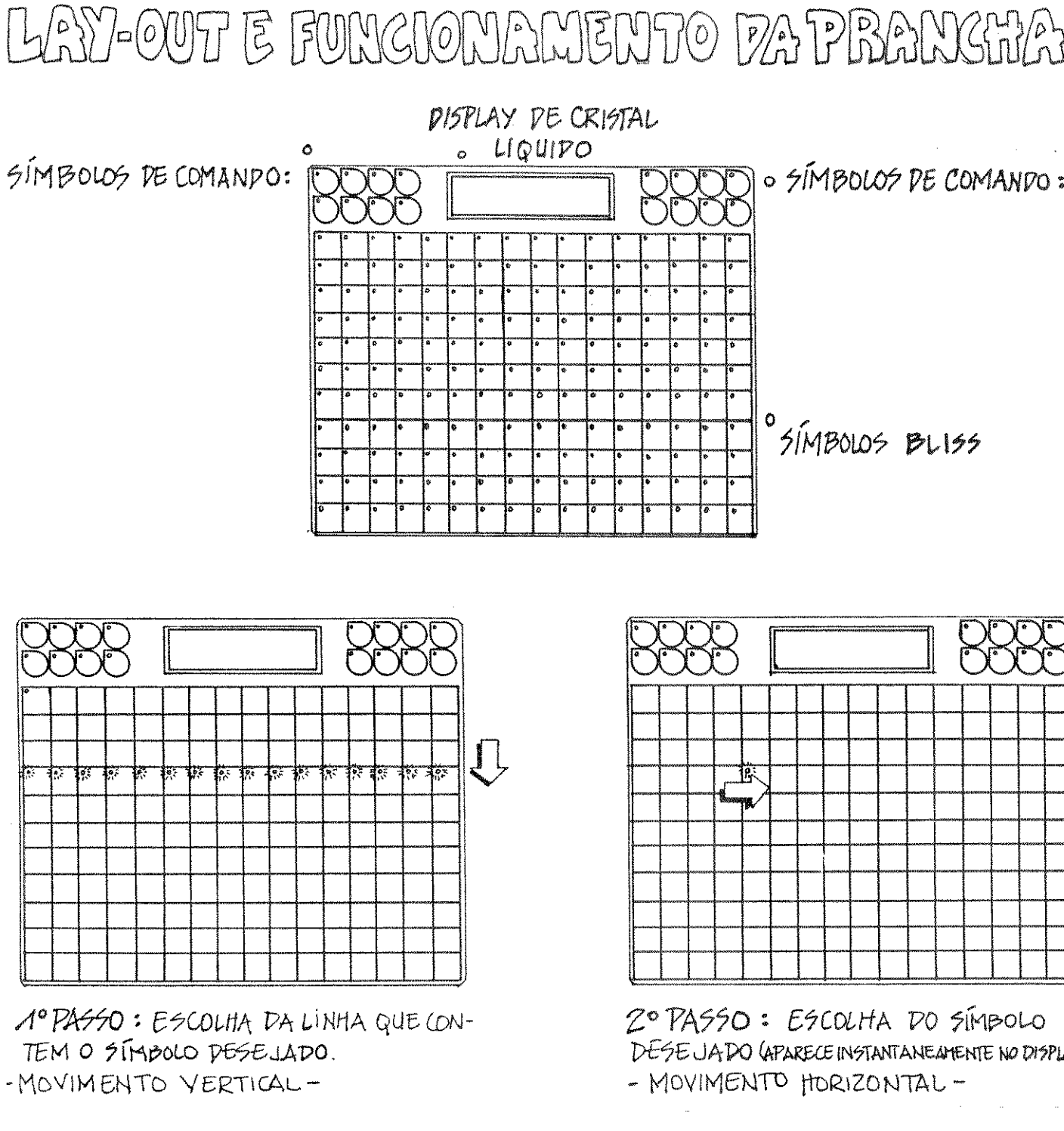


Figura 3.3 Ilustração do processo de varredura matricial.

Devido às dificuldades motoras do tipo de usuário para o qual este equipamento é destinado, os erros de seleção são muito freqüêntes. Assim, é comum que eles ativem o dispositivo de entrada fora da linha desejada. A fim de permitir-lhes a correção desses erros, foi implementado um caminho comum de varredura onde, após varrida a última coluna de qualquer linha, a varredura passa por um elemento da matriz situado na região das funções do equipamento, contendo a função "NÃO". Se esta função for ativada, a seqüência de varredura é interrompida e retorna a situação inicial onde as linhas são varridas.

A diferença existente entre a varredura matricial e a varredura linear é que esta última é executada em uma matriz de uma única linha, ou seja, todos os elementos estão contidos em uma linha da matriz. Assim, com uma única atuação no dispositivo de entrada pode-se selecionar um elemento de informação. Esse tipo de varredura, por reduzir o número de operações do usuário, dá a impressão de melhorar sua fluência ou pelo menos simplificar a utilização do equipamento. Entretanto, esses benefícios só serão observados se for pequeno o número de elementos a serem percorridos, digamos menos de 10 elementos. Este número sugerido pode ser explicado da seguinte maneira: para 10 elementos sendo varridos a um intervalo de tempo τ igual a 2 segundos, seriam necessarios 20 segundos para a varredura atingir o último elemento. Exemplificando, uma expressão contendo quatro desses símbolos necessitaria de um tempo mínimo de 8 segundos e máximo de 80 segundos para ser formada. Isto produz um tempo médio de 44 segundos para uma expressão com 4 símbolos, o que já é um tempo considerável, tendo em vista que a fluência de uma pessoa normal

é da ordem de 150 palavras por minuto, e esse tipo de deficiente comunica-se a uma taxa de 3 a 4 palavras por minuto, utilizando seleção direta e boa coordenação (MICHALAROS e CALIL, 1989).

Essa varredura linear foi implementada no PYTHÍA para ser executada dentro de uma de suas funções, chamada de ALFABETO, a qual será detalhada no ítem seguinte. Como na execução dessa função as informações são apresentadas no visor de cristal líqüido, essa varredura é realizada nesse visor através do caracter sublinhado, que pisca sob a primeira letra de cada elemento de informação. A varredura linear é utilizada para percorrer as letras do alfabeto e as palavras do dicionário interno (banco de palavras).

Como foi citado no item anterior, a varredura é produzida por uma interrupção de hardware, a qual é gerada por uma base de tempo. Essa interrupção provoca a execução da rotina de varredura cujo endereço está no vetor de interrupção. Para que a mesma base de tempo seja utilizada pelas duas rotinas de varredura existentes, sempre que a função ALFABETO é executada, ela troca o endereço presente no vetor de interrupção, fazendo com que a rotina de varredura do visor seja habilitada. Ao terminar, a função retorna o endereço da rotina de varredura de matriz, habilitando novamente a varredura sobre os "LEDs" do painel frontal.

3.3 As funções do PYTHÍA

Como mencionado anteriormente, o PYTHÍA apresenta uma série de funções que auxiliam o usuário na construção de suas mensagens e na operação do sistema. Essas funções, em termos de distribuição lógica na memória, localizam-se na primeira linha da matriz de símbolos, ocupando 12 elementos de um total de 16 posições (as outras posições não são utilizadas). Fisicamente, elas ocupam as duas linhas laterais ao visor de cristal líqüido, apresentando a seguinte disposição: ao lado direito do visor estão ALFABETO, RETIRAR PALAVRA, RETIRAR LETRA, MUDAR LINHA, TRANSMITIR (ENVIAR), ALARME, ESCREVER / COMPUTADOR, LIMPAR TELA; e do lado esquerdo estão COMUNICAR COM OUTRA PESSOA, VELOCIDADE, CONFIGURAÇÃO, SIM, NÃO (Figura 3.4).

A descrição de cada uma dessas funções será feita nos itens que se seguem.

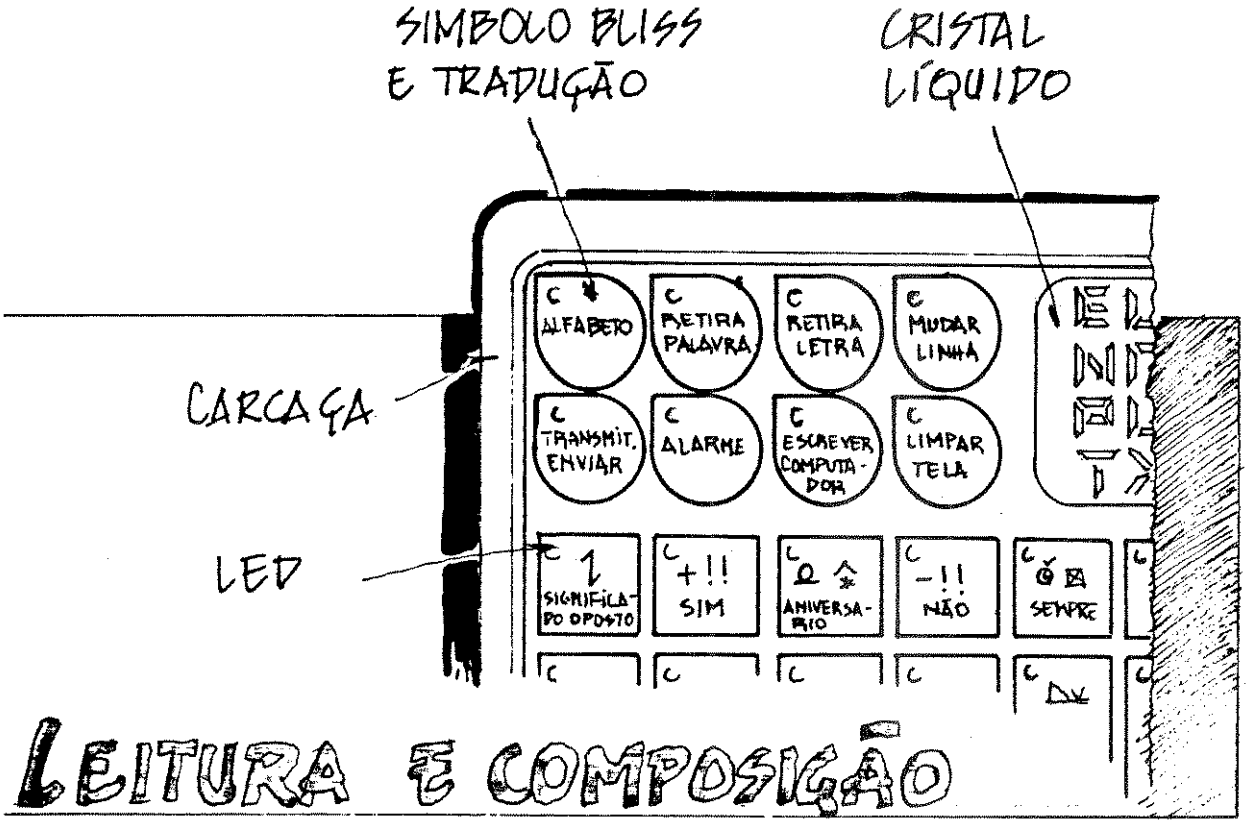


Figura 3.4. Detelhe de algumas funções do equipamento com o visor de "LCD".

3.3.1 Função ALFABETO

Os 176 conjuntos de palavras ou frases são um número relativamente pequeno para cobrir as necessidades da comunicação diária, atendendo apenas as necessidades básicas. Para a escrita de palavras adicionais, é necessária a utilização do alfabeto existente na função ALFABETO, onde é possivel a construção da palavra desejada, letra por letra. Tendo em vista que a execução desse processo é extremamente lenta, foi acrescentado um recurso de antecipação de palavras, visando minimizar o número de operações necessárias para a elaboração de uma palavra.

Assim que o usuário aciona o modo ALFABETO, o conteúdo corrente do visor é salvo em memória e, em seguida, é apresentado nesse visor uma tela como mostra a Figura 3.5. A varredura é executada através de um cursor que pisca em baixo (o caracter sublinhado) da primeira letra de cada informação agora presente no visor (letra, palavra ou função).

linha 1 (espaço reservado para a palavra em construção)

linha 2

linha 3 A E I O U CONSOANTE PONTUACAO CRG RET

linha 4

Figura 3.5. Tela de entrada no modo "ALFABETO".

A linha 2 é mantida em branco para facilitar a visualização das informações do visor.

A função CRG - corrige a última letra escolhida. A função RET - retorna para a tela anterior ou sai da função ALFABETO, no caso de uma operação que caracterize fim de opção (RET nas telas de vogais e consoantes).

Um banco de palavras foi criado de maneira que a seleção de uma das letra apresentadas faz com que um algoritmo interno comece a separar todas as palavras que combinem com a seqüência já montada, e à medida que o usuário escolha um número maior de letras, o conjunto de opções oferecidas vai sendo reduzido. Com este recurso o usuário pode escolher uma palavra diretamente, sem elaborá-la letra a letra. Caso a palavra desejada não se encontre entre o grupo apresentado, a opção RET retorna às telas de apresentação de letras, onde uma nova letra poderá ser escolhida. Neste retorno, as telas apresentadas são alternadas de acordo com a escolha de letras pelo usuário. Sempre que a última letra escolhida for uma vogal, o algoritmo retorna para a tela de consoantes, e vice-versa.

Como exemplo é mostrada a tela apresentada pela escolha da vogal "A" (Figura 3.7). Todas as palavras do banco que iniciam com esta letra são mostradas em ordem alfabética. Se nenhuma das palavras é de interesse do usuário, ele seleciona a opção RET e a tela de consoantes (Figura 3.6) é apresentada para que o usuário forneça mais letras. Entretanto, a letra "A" agora é mostrada na primeira linha, que é reservada para a palavra em construção. Se a palavra desejada já se encontrar no visor, basta aguardar que o cursor a atinja e acionar o dispositivo de entrada.

linha 1 (espaço reservado para a palavra em construção)

linha 2

linha 3 S R C N T M L P D G F Q V X B H Z J K

linha 4 W Y CRG VOGAIS RET

Figura 3.6. Tela de consoantes.

linha 1 A

linha 2

linha 3 A ABACATE ABACAXI ABAJUR ABELHA ABRIDOR

linha 4 ACAMPAR ACEITO CRG PROXI RET

Figura 3.7. Exemplo de tela após escolhida a letra "A".

Após a escolha de uma segunda letra, são mostradas apenas as palavras iniciadas com esta seqüência, reduzindo-se o conjunto de palavras oferecidas. Dessa forma, o usuário pode construir a palavra desejada, letra por letra, ou acessá-la diretamente após ter fornecido ao equipamento uma ou mais letras. A opção PROXI mostrada na Figura 3.7 permite a visualização de outras palavras do banco, iniciadas com a mesma seqüência de letras já escolhidas, as quais não couberam no visor. Após selecionada uma palavra do dicionário interno (banco de palavras), ou escolhida a opção RET, a função ALFABETO é considerada terminada. As informações salvas na entrada da função ALFABETO são reapresentadas no visor, acrescentando-se a nova palavra, e a varredura volta a ser realizada sobre os "LEDs" do painel frontal.

O recurso de ajuda à construção de palavras oferecido na função ALFABETO só é eficiente quando a palavra desejada pelo usuário já se encontrar no banco de palavras do equipamento. Em caso contrário, muito tempo é dispendido para construção de uma palavra letra por letra. Assim, uma prática importante é a constante atualização do banco de palavras em função de cada usuário, que será discutida no Capítulo 5.

3.3.2 Funções RETIRA PALAVRA, RETIRA LETRA, MUDA LINHA e LIMPA TELA

Estas funções compreendem um mínimo de recursos necessários em um editor de texto. Devido às complicações motoras e ao perfil do usuário ao qual o equipamento se destina, não é aconselhável fornecer excesso de recursos de manipulação de texto, como em editores de texto para uso geral, podendo-se incorrer no risco do equipamento cair em desuso pela dificuldade de operação.

Como o próprio nome dessas funções procura definir, elas realizam as seguintes operações:

- RETIRA PALAVRA : Apaga a última palavra escrita no visor de cristal líqüido.

- RETIRA LETRA : Apaga a última letra escrita no visor. É importante lembrar que tanto no modo ALFABETO quanto para seleção de palavras do painel frontal, o software desenvolvido acrescenta sempre um espaço em branco após as palavras escritas; logo, quando esta função for utilizada para uma palavra já completa, ela apagará primeiro este caracter em branco. Isto permite inclusive a formação de uma palavra a partir da junção de duas.

- MUDA LINHA : Esta função faz com que a próxima letra ou palavra seja escrita na linha abaixo. Se todas as linhas do visor já estiverem preenchidas, esta função não atuará. Isto devido a uma rotina do algoritmo de controle do visor, que organiza as informações deste, sempre que estiver cheio, fazendo um melhor aproveitamento de espaços, eliminando espaços em branco desnecessários.

- LIMPA TELA : Esta função apaga o conteúdo do visor e da memória do visor, permitindo que novas informações sejam escritas.

3.3.3 Função ALARME

Um alarme sonoro foi incorporado ao PYTHÍA com o objetivo de fornecer ao usuário um recurso para chamar a atenção sempre que desejar. Esta função quando acionada produz uma seqüência de freqüências sonoras que formam uma pequena melodia.

A equação abaixo rege a separação entre cada nota de uma escala musical em termos de freqüência. Partindo-se de uma freqüência de referência para a nota LÁ como sendo de 425 Hz, foi criada a escala musical mostrada na Figura 3.8. É importante mencionar que não é intenção deste trabalho realizar um estudo detalhado de teorias musicais. A única preocupação foi manter uma relação entre as notas da escala escolhida para que a melodia produzida não se tornasse "desagrádavel" aos ouvidos.

$$F(i) = F(i-1) * 2^{(1/12)}$$

	NOTA	FREQÜÊNCIA (Hz)		NOTA	FREQUÊNCIA (Hz)
(4)	DÓ	126.3533		SÍ	238.5200
	DÓ#	133.8666	(3)	DÓ	252.7065
	RÉ	141.8267		DÓ#	267.7320
	RÉ#	150.2602	(1)	RÉ	283.6535
	MI	159.1951		RÉ#	300.5204
	FÁ	168.6614	(2)	MÍ	318.3900
	FA#	178.6905		FÁ	337.3227
(5)	SOL	189.3160		FÁ#	357.3810
	SOL#	200.5733		SOL	378.6320
	LÁ	212.5000		SOL#	401.1466
	LÁ#	225.1359	(REF)	LA	425.0000

Figura 3.8. Escala musical com as freqüências utilizadas.

Os números entre parênteses representam as notas usadas e indicam a sequência de utilização.

3.3.4 Função ESCREVER / COMPUTADOR

Esta função envia o conteúdo do visor de cristal líqüido para a interface de saída paralela padrão "CENTRONIX" existente no PYTHÍA. Assim pode-se imprimir o conteúdo do visor, conectando-se uma impressora à interface paralela do equipamento. O software realiza a impressão em caracteres expandidos a fim de facilitar a visualização do usuário, além de testar se a impressora está conectada, com falta de papel, fora de linha ou com alguma outra falta interna. A ocorrência de uma das falhas citadas acima é acusada por um sinal sonoro, enquanto é mostrada no visor, por 2 segundos, uma mensagem explicando a falha existente. Nesses casos o sistema despreza a operação de impressão e retorna ao processo de varredura no painel frontal.

3.3.5 Funções TRANSMITIR (ENVIAR) e COMUNICAR C/ OUTRA PESSOA

Estas duas funções trabalham em conjunto possibilitando a troca de informação entre várias pranchas ligadas em rede.

A rede local implementada é uma modificação simplificada de uma *POLLING NETWORK* (HAMMOND, O'REILLY, 1986; CLEMENTS, DAUGHERTY, 1981) configurada em anel, Figura 3.9. As diferenças básicas para a versão implementada são: o computador central sempre presente em uma "POLLING NETWORK" aqui pode ter sua função assumida por qualquer um dos equipamentos ligados à rede e passa a ser chamado MESTRE. Apesar das informações de controle serem interpretadas somente pelo nó endereçado e o MESTRE, as mensagens

transmitidas são destinados a todos os nós da rede.

Cabe ao mestre todo o gerenciamento da rede, determinando códigos de acesso, liberação de usuários, distribuição de "TOKEN" e manipulação de erros que prejudiquem a operação da rede.

A partir do momento que o conector de rede é ligado ao equipamento, seu circuito interno recebe uma informação de que está capacitado a operar em MODO REDE. Quando a função COMUNICAR COM OUTRA PESSOA é escolhida, o sistema verifica se está ligado à rede através da informação do conector e transmite um pedido de identificação para esta. Em caso de não conexão, uma mensagem de erro é mostrada no visor e a função é desprezada, retornando o sistema à varredura do painel. Estando conectado, o equipamento aguarda por um período de dois segundos uma resposta da rede que, se não chega, é presumida vazia, assumindo em seguida a condição de MESTRE. Os próximos equipamentos a ingressarem na rede já encontrarão um MESTRE que responderá a seus pedidos de identificação com um código de acesso, assumindo assim a condição de ESCRAVOS.

Em caso de conflito de dados na rede, cabe à unidade responsável pela transmissão acusar o conflito e repetir o dado correto. A unidade conflitante entrará em estado de espera, aguardando sua vez de ser identificada pelo MESTRE.

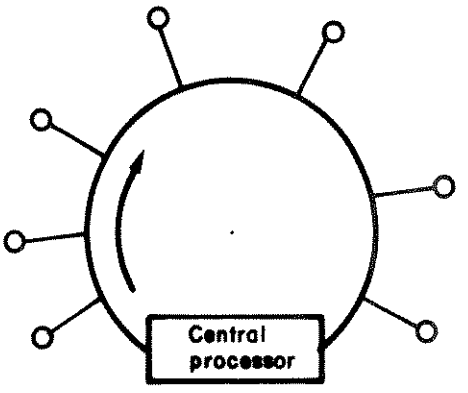


Figura 3.9 Topologia típica para "*Polling Networks*" - "*Ring Topology*".

Estabelecido o protocolo de entrada na rede, a unidade está pronta para enviar e receber mensagens. A partir deste momento o software divide o visor de cristal líqüido em dois: as duas primeiras linhas são reservadas para elaboração de mensagens e as duas últimas para as mensagens recebidas.

As mensagens montadas nas duas primeiras linhas do visor podem ser enviadas para as outras unidades ligadas à rede através da função TRANSMITIR (ENVIAR).

3.3.6 Função VELOCIDADE:

A escolha desta função permite ao usuário modificar a velocidade de varredura do equipamento. Cinco são as velocidades implementadas, conforme mostra a Figura 3.10.

Após escolhida a função velocidade, a varredura passa a percorrer um conjunto de números localizados no painel do equipamento onde cada um deles representa uma opção de velocidade (Figura 3.10).

linha 1 ALTERAR O TEMPO DE VARREDURA

linha 2 ESCOLHA A OPÇÃO

linha 3 1 = 0.5s 2 = 1s 3 = 2s 4 = 3s 5 = 4s

linha 4

Figura 3.10. Tela apresentada quando a opção de alteração da velocidade de varredura é escolhida.

3.3.7 Funções CONFIGURAÇÃO, SIM e NÃO

A configuração do painel frontal do PYTHÍA é programável, ou seja, o número de células da matriz de informações pode ser configurada de 001 a 176 células. Com esta opção, o PYTHÍA pode ser utilizado com crianças que estejam sendo iniciadas em um método alternativo de comunicação e que não possuam um número suficiente de símbolos para preencher todas as células do painel frontal.

Esta programação torna possível o uso de símbolos de dimensões maiores, muito usados no início de aprendizado do método. Para isto, basta eliminar as células em volta de um símbolo desejado e utilizar uma máscara que cubra as células desativadas.

Para evitar um erro de opção do usuário, que seria bastante desagradável, a função CONFIGURAÇÃO pede uma confirmação através das funções SIM e NÃO. Após selecionada, a varredura é realizada sobre estas duas células e um pedido de confirmação é apresentado no visor (Figura 3.11). Escolhendo-se a opção SIM, a varredura passa a percorrer as células do painel com exceção das células de funções (a função CONFIGURAÇÃO é a única varrida). Para desativar uma determinada célula o processo é o mesmo usado para selecioná-la. Terminada a nova programação, para retornar a operação normal basta selecionar novamente a função CONFIGURAÇÃO.

A célula NÃO é também utilizada como ponto de saída na varredura sobre uma linha, para situações em que a linha foi selecionada de maneira errada, conforme explicado no item 3.2.2.

linha 1	ATENÇÃO !
linha 2	CONFIGURAÇÃO PODE SER ALTERADA
linha 3	CONFIRME OU NÃO ESSA OPERAÇÃO
linha 4	

Figura 3.11. Solicitação de confirmação para reconfiguração do painel frontal.

3.4 A U.C.P. e o software do sistema

O diagrama da Figura 3.12 descreve em blocos a estrutura do hardware do sistema, onde pode ser visto a Unidade Central de Processamento (UCP) como responsável pelo controle dos periféricos. Estes periféricos são tratados pela UCP como dispositivos de entrada e saída ("I/O") e serão discutidos no ítem seguinte (3.5).

Foi escolhida para a unidade de processamento a família IAPX-88 da INTEL, constituída pelo μP 8088 e periféricos como o Gerador de Relógio 8284, "Timmer" programável 8253 e Controlador de Interrupções 8259. A escolha desta família foi devido ao seu alto potencial de software e amplo uso no mercado.

O sistema possui 32 KBytes de memória "EPROM" com previsão para mais 32 KBytes, além de 8 KBytes de memória "RAM" estática permanentemente alimentada por baterias de "*BACK-UP*" e com possibilidade de ampliação para 16 KBytes. A Figura 3.13 mostra o mapa com a distribuição de memória do sistema.

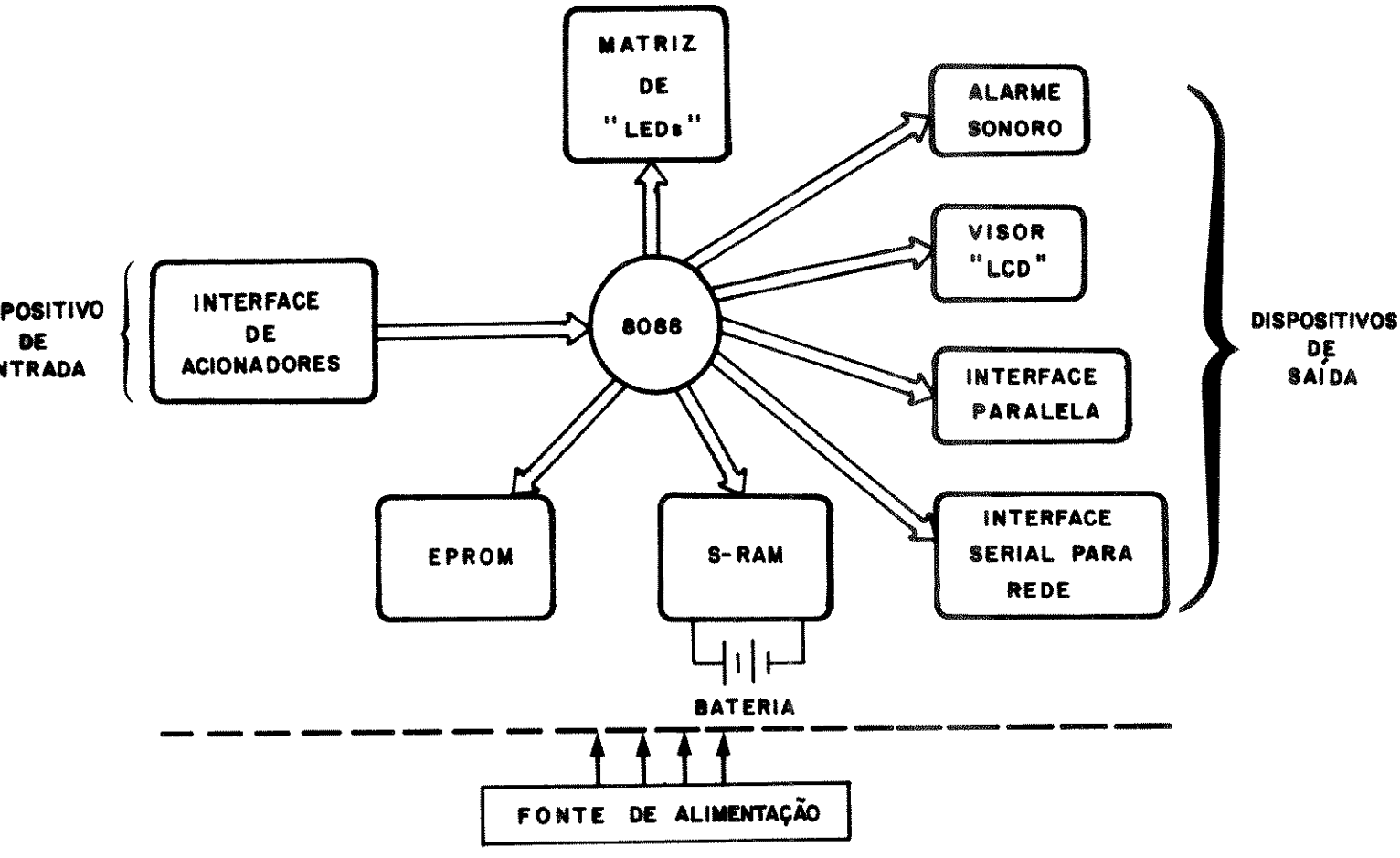


Figura 3.12. Diagrama em blocos do sistema.

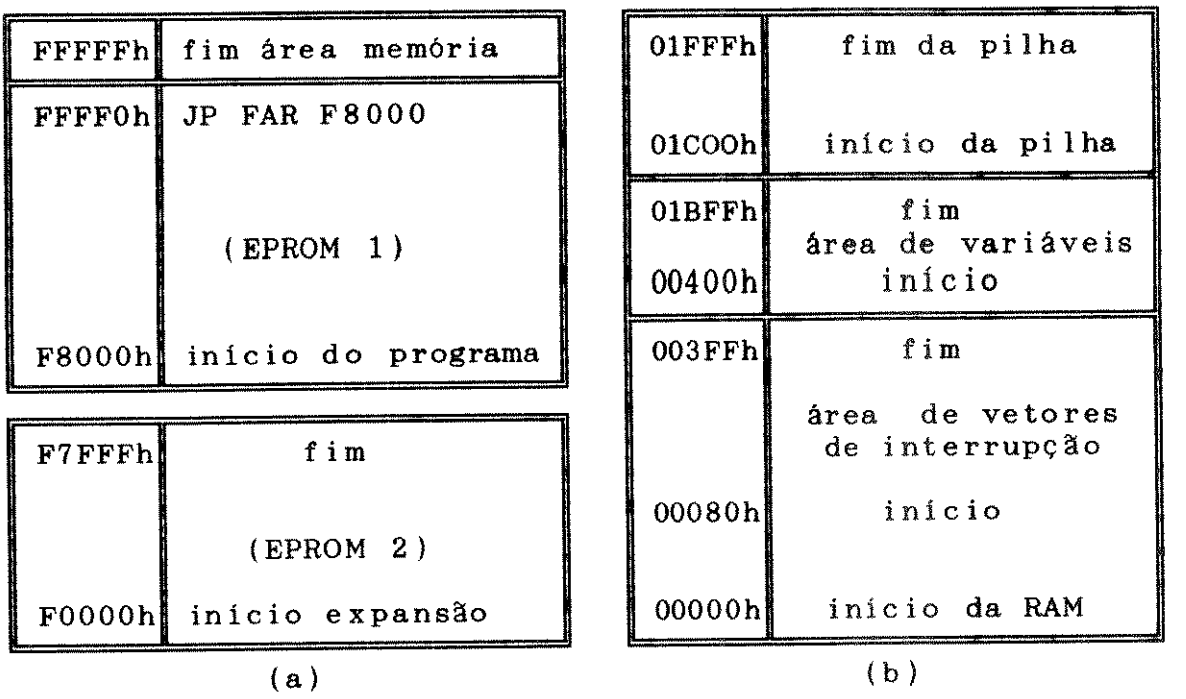


Figura 3.13. Mapeamento de memória. (a) Área de EPROM, (b) Área de RAM

O software desenvolvido neste projeto fica armazenado em EPROM na porção mais alta de memória (últimos 32 KBytes), sendo executado diretamente desta EPROM. Devido às características do processador, a primeira instrução deve estar localizada no endereço físico FFFF0h (IAPX 88 BOOK, 1983), pois este endereço representa o endereço de inicialização do processador. O banco de palavras do dicionário e o conteúdo das células do painel estão também localizados nesta EPROM, nas posições inferiores. A área reservada para vetores de interrupção, variáveis e pilha de trabalho ocupam os 4 KBytes de memória RAM posicionados na porção inicial de memória, a partir do endereço físico 00000h.

O software do PYTHÍA é modular e opera de modo concorrente (BEN-ARI, 1982), sendo suas tarefas executadas a partir de chamadas de interrupção do hardware ou interrupções de software, como por exemplo um comando do usuário.

O Corpo Principal do programa é responsável apenas pela atualização constante do visor de cristal líqüido, enquanto que todas as outras tarefas são executadas por rotinas modulares e independentes. As rotinas que modificam o conteúdo das telas não as transfere para visor. É importante esclarecer o conceito utilizado para diferenciar o conteúdo da tela, do conteúdo do visor de cristal líqüido. Para tornar a operação de formatação das informações a serem apresentadas no visor mais fáceis e versáteis, foi reservada uma área de memória que representa um espelho do visor, na memória. Assim, toda formatação é feita em memória e depois transferida para o visor de cristal líqüido. Este espelho de memória foi denominado de "tela" e o que está sendo visto pelo usuário foi denominado de "conteúdo do visor"

(ou simplesmente visor).

A interrupção periódica de varredura IR0, dispara a rotina de varredura (localizada na posição de interrupção 20h), e além de executar a varredura automática, funciona como um relógio do sistema, sendo utilizada para sincronização de operações e tomada de decisões que dependem de uma referência de tempo.

As funções do equipamento estão agrupadas em uma biblioteca localizada no endereço de interrupção 28h e são identificadas pelo conteúdo do registrador "AL" da UCP. A Tabela 3.1 abaixo relaciona o conteúdo do registrador AL como a respectiva rotina da biblioteca mensionada. Para a execução de uma das funções do equipamento, carrega-se o registrador AL com o código da função e executa-se a interrupção INT 28h.

REGISTRADOR AL (HEXADECIMAL)	FUNÇÃO
	(FUNÇÕES DO USUÁRIO)
00	ALFABETO
01	RETIRA PALAVRA
02	RETIRA LETRA
03	MUDA LINHA
04	TRANSMITIR (ENVIAR)
05	ALARME
06	ESCREVER/COMPUTADOR
07	LIMPA TELA
08	COMUNICAR C/ OUTRA PESSOA
09	VELOCIDADE
0A	CONFIGURAÇÃO
0B	SIM
0F	NÃO
	(FUNÇÕS INTERNAS DO SISTEMA)
10	salva memoria do painel
11	atualiza velocidade
12	atualiza o visor
13	emite mensagens de erro
14	varredura do modo alfabeto
15	executa operação de seleção

Tabela 3.1. Endereço de acesso às funções de usuário e do sistema, pertencentes à biblioteca de funções (INT 28h).

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

A rotina de Seleção do Usuário (INT 21h) é executada quando o usuário ativa o dispositivo de entrada. Esta rotina identifica a posição corrente da verredura, emite um sinal sonoro e passa o comando para a rotina identificada pela posição 15h da biblioteca de funções (INT 28h), responsável por executar a operação de seleção.

Ao contrário das rotinas executadas por interrupção de software, por razões de simplificação, as rotinas deflagradas a partir de chamadas diretas do hardware ocupam posições distintas dentro do vetor de interrupções. Além das anteriormente mensionadas Rotina de Varredura e Rotina de Seleção do Usuário, existem a Rotina de Impressão (INT 27h) e Rotina de Interrupção da USART (INT 22h).

A Rotina de Impressão gerencia a transmissão de bytes pela interface paralela, durante a impressão de textos deflagrada pela função do usuário ESCREVER/COMPUTADOR. Esta rotina é executada pela chamada da intrrupção de hardware IR7.

O controle das operações de rede como o tratamento das informações circulantes, detecção de erros, transmissão e recepção de dados e detecção de códigos reservados, é coordenado pela rotina de Interrupção da USART. Esta rotina é executada sempre que o *BUFFER* de saída estiver vazio ou o de entrada contiver um dado atualizado, através da interrupção de hardware IR2. Entretanto, esta rotina só é habilitada se o sistema estiver operando em modo rede.

O PYTHÍA apresenta outras rotinas responsáveis pela inicialização de parâmetros, localizadas no início do software.

3.5 Sobre os dispositivos periféricos (I/O)

O PYTHIA utiliza 8 posições de endereço reservadas para acesso a periféricos de entrada e saída (IO0 a IO7). Como estas posições são decodificadas a partir das linhas de endereço BA2 até BA7, qualquer uma dessas oito posições de acesso a "I/O" pode ser expandida em mais quatro sinais de "I/O", com a decodificação das linhas de endereço BA0 e BA1.

A Tabela 3.2 abaixo descreve os periféricos de entrada e saída (I/O) com seus respectivos endereços em conjunto com as linhas de endereço BA0 e BA1.

I/O	ENDEREÇO (HEX)	LINHAS BA1	LINHAS BA0	DISPOSITIVO CONTROLADO	FUNÇÃO EXECUTADA
IO0	0000	0	0	8259 CONTROL.	
	0001	0	1	DE INTERRUP.	
IO1	0004	0	0	8253 TIMMER	ACESSO AO T0
	0005	0	1	PROGRAMAVEL	ACESSO AO T1
	0006	1	0		ACESSO AO T2
	0007	1	1		PALAVRA DE CONTROLE
IO2	0008	0	0	MATRIZ	COLUNAS MC0..MC7
	0009	0	1	DE LEDs	COLUNAS MC8..MC15
	000A	1	0		LINHAS ML0..ML7
	000B	1	1		LINHAS ML8..ML11
IO3	000C	0	0	8251 USART	HABIL. DADOS (C/D=0)
	000D	0	1		HABIL. CONTROLE
IO4	0010	0	0	VISOR LCD E1	MODULO E1 (RESET)
	0011	0	1	LCD E1	MODULO E1 (ACESSO)
	0012	1	0	LCD E2	MODULO E2 (RESET)
	0013	1	1	LCD E2	MODULO E2 (ACESSO)
IO5	0014	0	0	UNIDADE SONORA	(D1=0) DESLIGA (D1=1) LIGA
IO6	0018	0	0	INTERFACE	ESCRITA DE DADOS
	0019	0	1	PARALELA	LEITURA DE STATUS
	001A	1	0		LIMPA F.F. DE INTER.
	001B	1	1		PALAVRA DE CONTROLE
IO7	001C	0	0	74LS123	LIMPA SWITCH 1
	001D	0	1	74LS125	LEITURA SWITCH 2
	001E	1	0	CD4013	LIMPA SWITCH 2

Tabela 3.2. Configuração de I/O do sistema.

Determinados dispositivos periféricos são demasiadamente lentos para responder ao tempo de acesso de um microprocessador. Isto acontece no PYTHIA com os dispositivos alocados nas posições IO4 e IO7, módulo de cristal líqüido e interface dos dispositivos de entrada (*switch*), respectivamente. Para compatibilizar esta diferença nos tempos de operação, utilizou-se um circuito gerador de estados de espera a partir de um monoestável que produz um sinal de 1 μS sempre que uma das duas posições de "I/O" mencionadas é requisitada. Este sinal é conduzido ao Gerador de Relógio da UCP que por sua vez sincroniza estes estados de espera com os ciclos de trabalho da UCP, deixando-a temporariamente inativa sempre que necessário. Este tempo de 1μS é suficiente para que os periféricos se compatibilizem com a UCP, pois é o maior tempo necessário no acesso ao módulo de cristal líqüido, que é o dispositivo periférico que necessita de maior tempo de espera da U.C.P.

Para o microprocessador 8088 as interrupções são vetorizadas, ou seja, as rotinas de tratamento de interrupção são executadas a partir de um endereço localizado em um vetor de interrupção. Nas interrupções de software basta executar o comando "INT XX", onde XX representa um vetor de interrupção em notação hexadecimal, podendo assumir valores de 00h a FFh. As interrupções de hardware necessitam informar ao processador qual vetor utilizar, pois existe apenas uma linha de interrupção na UCP. O Controlador de Interrupção 8259 realiza a tarefa de receber 8 linhas de interrupção de hardware e informar à UCP qual vetor deverá ser utilizado.

No PYTHIA este controlador está localizado na posição IO0 e

controla as seguintes interrupções:

- IR0 - produzida pelo "Timmer" - é responsável por gerar a varredura automática do sistema.
- IR1 - produzida pelo Dispositivo de Entrada - informa a UCP que o Dispositivo de Entrada foi ativado.
- IR2 - produzida pela "USART" - é utilizada pela "USART" (8251) nas operações de rede para informar à UCP que está disponível no "BUFFER" uma informação de entrada ou livre para uma informação de saída.
- IR7 - produzida na interface paralela - informa a UCP que o último byte escrito na interface já foi transmitido (para a impressora).

Um circuito contador programável (8253) contendo três contadores independentes (T0, T1, T2), é utilizado para gerar a base de tempo para a interrupção do *Timmer*, sinal de freqüência para o *baude-rate* da *USART* e sinal utilizado pelo circuito de áudio.

Para geração da varredura o contador T0 produz um pulso em sua saída, sempre que a contagem decrescente do número escrito em seu registrador chegar a zero, reiniciando-a em seguida. Para alterar a freqüência de varredura basta escrever nesse registrador um valor diferente. Os outros dois contadores existentes neste circuito, T1 e T2, operam produzindo em suas saídas um sinal quadrado de freqüência equivalente ao valor programado em seus respectivos registradores.

3.5.1 Dispositivos de entrada

O dispositivo de entrada constitui a interface entre o usuário e o sistema (Figura 2.1). Este dispositivo deve ser projetado em função das características motoras de cada usuário, aproveitando o(s) movimento(s) mais facilmente controlado(s) por ele, não devendo proporcionar fadiga sob uso prolongado. Grande parte da eficiência de um dispositivo de ajuda à comunicação se deve ao projeto do dispositivo de entrada.

Esses dispositivos podem ser simplificados a uma ou mais chaves normalmente abertas (*Single Switch, Double Switch*, etc.), dependendo das habilidades motoras do usuário. A estrutura mecânica e eletrônica que envolve a operação destas chaves deve ser dimensionada em função das características do usuário, a fim de favorecer a sua utilização.

Existem no mercado externo diversos tipos de dispositivos de entrada (*Switches*), projetados para acionamento com os pés, queixo, mãos, cabeça, cotovelos, sons e olhos (Charlebois-Marois, 1985; TASH Inc., 1987)

A Figura 3.14 apresenta um dispositivo de entrada para ser acionado pelo toque de cabeça, o qual foi utilizado nos teste do PYTHÍA.

Figura 3.14. Dispositivo de entrada acionado pelo toque lateral de cabeça.

Para o teste do PYTHÍA foram confeccionados diversos dispositivos a fim de estudar a eficiência destes com cada usuário que participou dos testes. Todos os dispositivos de entrada confeccionados foram projetados para serem acionados pelo toque de cabeça, por ser este o melhor movimento dos usuários avaliados (Figura 3.14).

O PYTHÍA "enxerga" o dispositivo de entrada como uma chave normalmente aberta e, após seu acionamento, dispara uma interrupção de usuário (IR1). Esta interrupção analisa a posição corrente de varredura e dispara o processo a ser executado, que pode ser a alteração da seqüência de varredura, execução de uma função ou seleção de uma informação.

No projeto do PYTHÍA foi previsto para o hardware a utilização de dois dispositivos de entrada, para usuários com menor deficiência motora. O segundo dispositivo funciona como um "FLIP-FLOP" do tipo "TOOGLE" e deve ser utilizado para acelerar a velocidade de varredura. O primeiro toque no acionador aumenta a velocidade de varredura e um segundo toque retorna a velocidade a seu valor normal.

O acesso do processador aos dispositivos de entrada é feito pela posição IO7 (Tabela 3.2).

3.5.2 A matriz de "LEDs"

Cada símbolo ou função disposto no painel frontal do equipamento equivale a uma célula da matriz. Como mencionado anteriormente, cada célula desta matriz (com 192 elementos) possui um "LED" com o objetivo de informar ao usuário a posição corrente da varredura. Logo, o cursor (*Prompt-Device*) é indicado pelos "LEDs" acesos.

A Figura 3.15 apresenta um diagrama elétrico da placa de circuito que aloja os "LEDs" do painel frontal e seus circuitos de controle.

No diagrama elétrico da Figura 3.15, cada "LED" da matriz é alimentado por um par de transistores ligados, cada um, a um pólo da alimentação e controlados por *LATCHES* "TTL" 74LS374. Cada transistor é responsável pela alimentação de toda uma linha ou coluna da matriz, não sendo necessários tantos transistores quanto são os "LEDs". Deste modo, para acender um "LED" é necessario ativar o par de transistores equivalente à linha e coluna deste "LED".

A palavra de comando para acender os "LEDs" é escrita pela UCP na posição IO2 (Tabela 3.2). Esta posição permite o acesso as 16 colunas e 12 linhas da matriz através de 4 Bytes de informação, sendo que cada bit corresponde respectivamente às linhas e colunas da matriz.

Estes 4 Bytes de controle estão armazenados em duas variáveis chamadas de "Vetores de Varredura", cujos conteúdos são modificados de acordo com a seqüência de varredura e o mapa de programação das células da matriz.

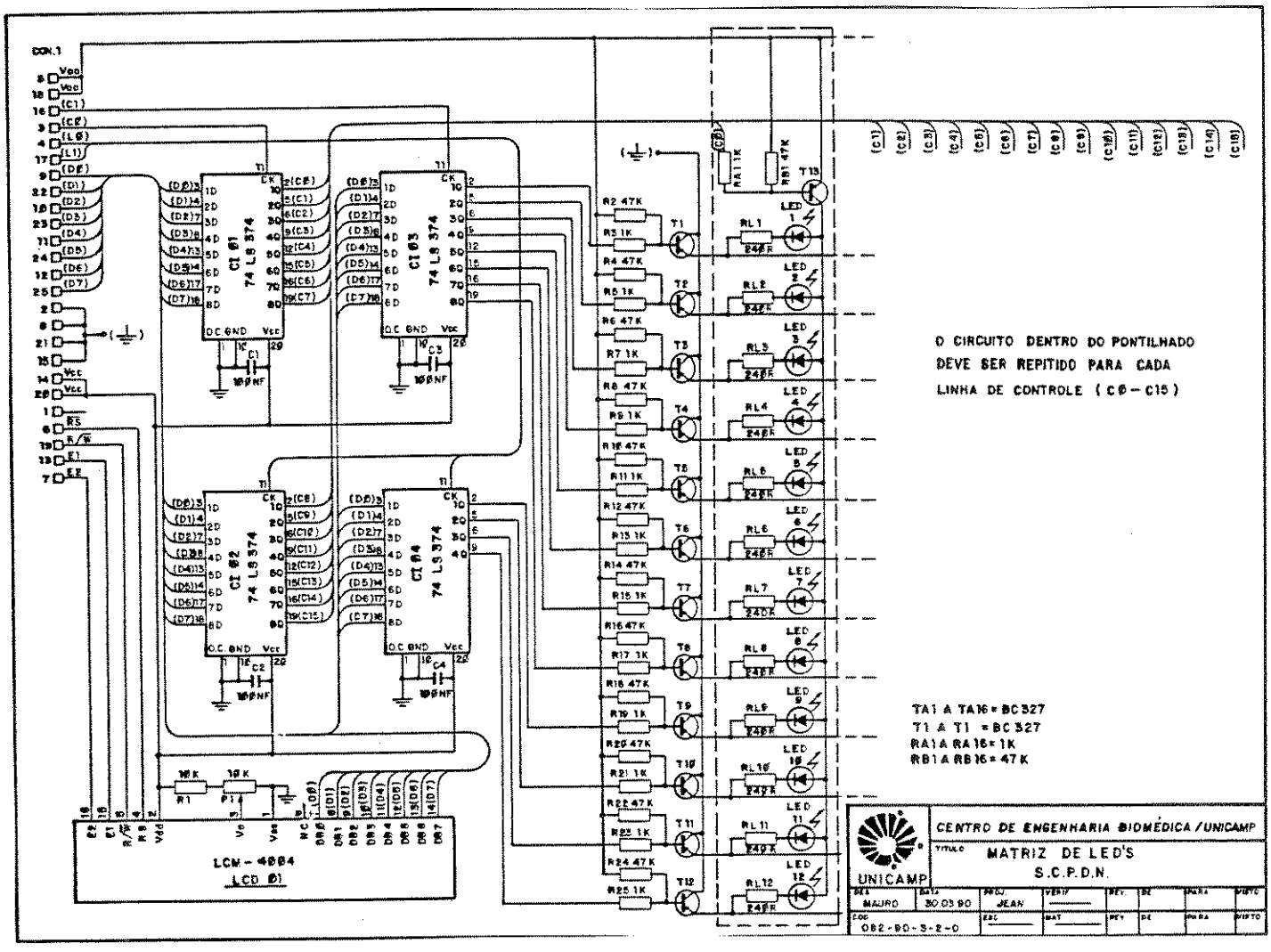


Figura 3.15. Diagrama elétrico da Matriz de "LEDs"

e do Módulo de Cristal Líquido.

3.5.3 A interface paralela

A interface paralela é compatível com o padrão "CENTRONIX", a fim de permitir o uso das diversas impressoras existentes no mercado.

O sistema é capaz de analisar as informações fornecidas pela impressora como, falta de papel, erro interno ou estado de fora de linha, e emitir uma mensagem informativa ao usuário. As informações do Byte de "Status", o Byte de controle e o Byte a ser impresso são lidos e escritos na interface através da posição IO6. A resposta da impressora informando que está pronta para receber mais um byte (sinal "ACKNLG") é utilizada para ativar a interrupção IR7 do sistema, responsável pela chamada da rotina de impressão.

3.5.4 O visor de cristal líqüido

O módulo visor de cristal líqüido utilizado possui 4 linhas por 40 caracteres em cada linha, e divide-se em dois grupos de duas linhas, para efeito de acesso. Este módulo está localizado na posição IO4 reservada aos dispositivos de "I/O" (*Input / Output*). Os dados endereçados ao visor são provenientes do barramento de dados da UCP e são dirigidos a um dos dois grupos de duas linhas pelos sinais de seleção "E1" e "E2". Um sinal de "R/W" informa ao módulo se a operação é de leitura ou escrita. O sinal "RS" define se o Byte lido ou escrito é um dado ou um Byte de comando. A Figura 3.15 mostra o diagrama de ligação do módulo

de cristal líqüido.

3.5.5 O circuito de áudio

O sinal sonoro produzido pelo PYTHÍA é gerado a partir de um sinal quadrado de freqüência programável produzido pelo circuito contador programável e um comando de ativação e desativação acionado pela UCP. Estes dois sinais são dirigidos às entradas de uma porta "OU" cuja saída é amplificada e conduzida ao alto-falante (Figura 3.16).

A programação da freqüência desejada segue os padrões já mencionados anteriormente para o circuito Contador Programável, e o sinal de ativação é controlado a partir da escrita de um nível lógico zero no bit 5 de dados, sendo endereçado pela posição IO5 de "I/O".

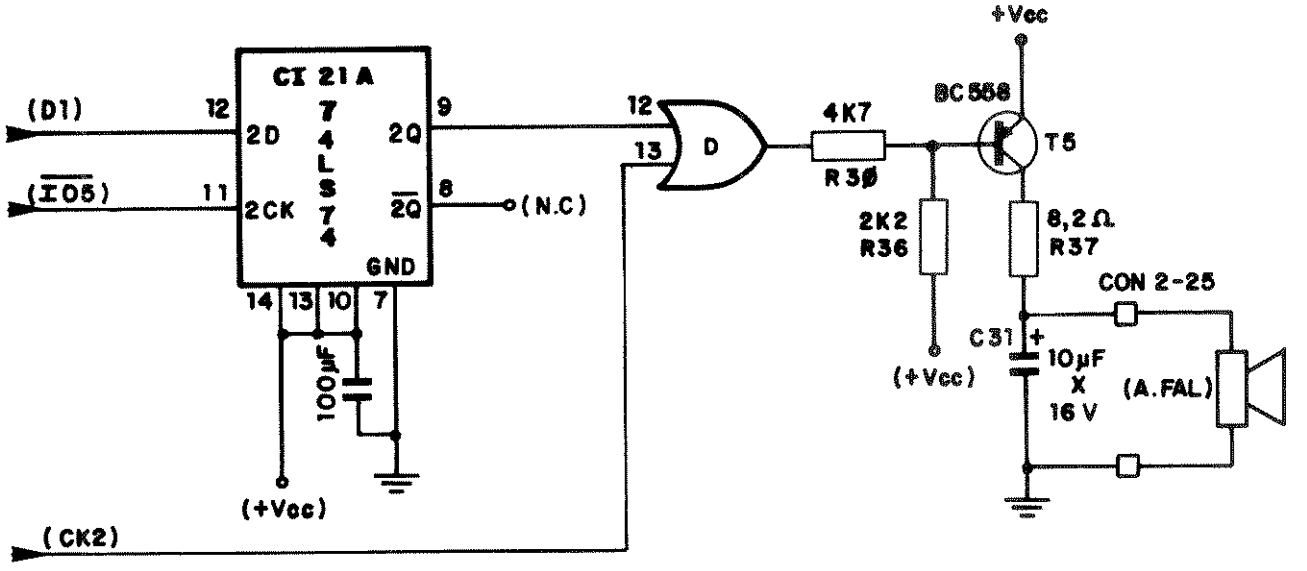


Figura 3.16. Diagrama elétrico do circuito de áudio.

3.5.6 A interface serial de rede

A interface de comunicação em rede, mostrada na Figura 3.17, é responsável pela transmissão e recepção dos dados circulantes nesta rede. É constituída por uma "USART" (8251) e um circuito "híbrido eletrônico", projetado a partir de dois amplificadores operacionais de baixo consumo e alta impedância de entrada. Um dos operacionais converte as tensões "TTL" de 0V e +5V para +5V e -5V respectivamente, enquanto o segundo operacional inverte o sinal proveniente da rede. Um diodo zener é utilizado para converter o nível de tensão do sinal de entrada de -5V para 0V.

Todo dado proveniente da rede interrompe a UCP através do sinal de interrupção IR2, que é deflagrado pela "USART" sempre que completa a recepção de um Byte. O acesso aos Bytes recebidos e à escrita de Bytes na rede é feito na "USART", que está localizada na posição IO3 (Tabela 3.2).

A rotina de transmissão e recepção é chamada a partir da interrupção IR2, sendo que este processo só é efetivado quando o sistema é habilitado pelo usuário por meio da função "Conversar com Outra Pessoa". Além desta habilitação, o sistema necessita estar conectado fisicamente à rede, o que é possível somente com a ligação do cabo de rede ao conector localizado no painel trazeiro do equipamento. A não conexão física faz com que o sistema recuse o pedido de operação em rede e emita uma mensagem de cabo desconectado, acompanhada de um sinal sonoro.

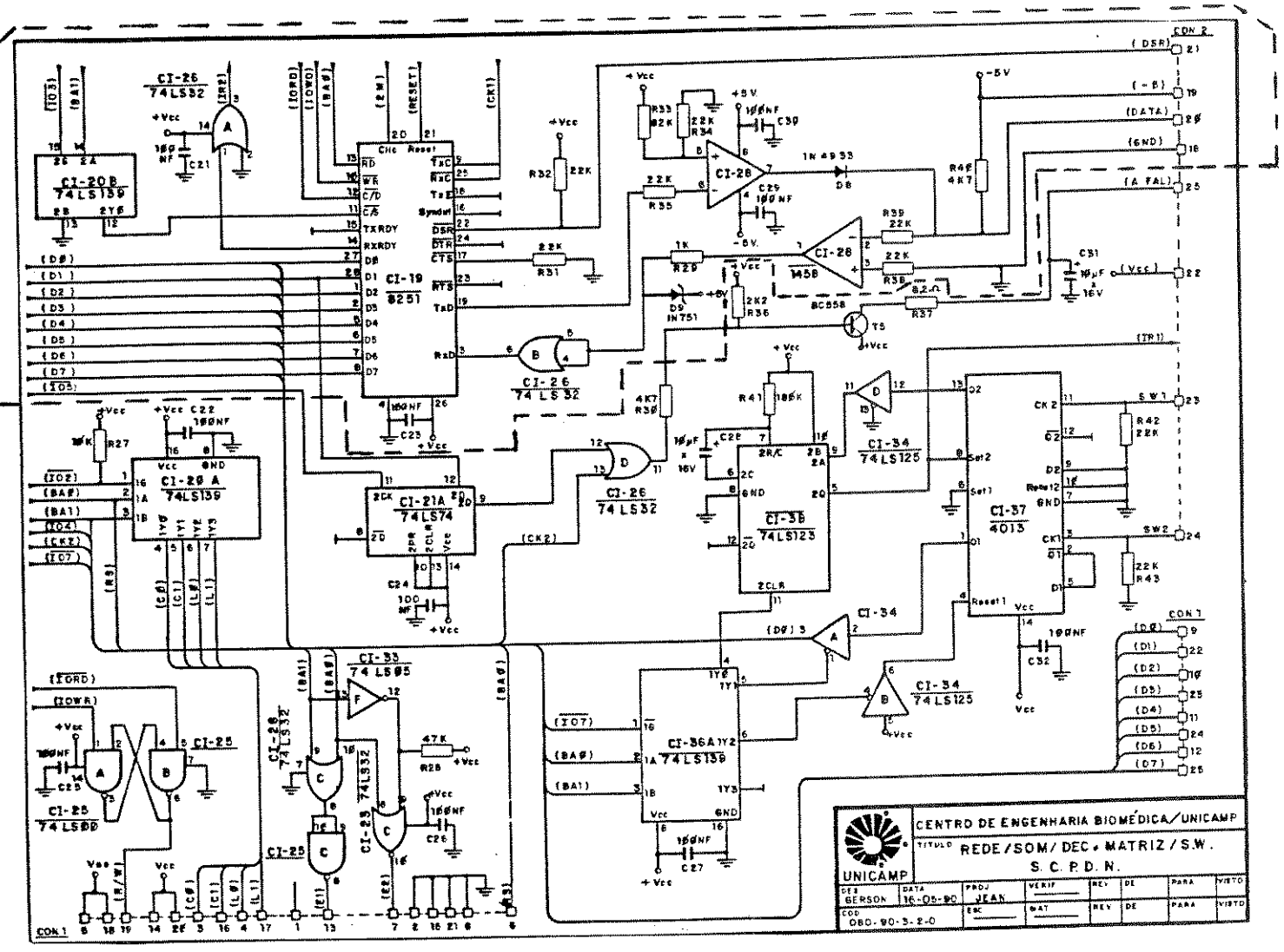


Figura 3.17. Diagrama elétrico da interface de rede.

3.6 A fonte de alimentação

O PYTHÍA foi idealizado para funcionar com baterias recarregáveis, devido à necessidade de ser um equipamento portátil. Entretanto, por motivos financeiros e escassez de tempo, esta característica não foi implementada estando os dois protótipos desenvolvidos operando através da rede elétrica. Por estes motivos foi projetada uma fonte linear com reguladores seriais das famílias 78/79XX, apenas para obter as tensões necessárias ao bom funcionamento dos circuitos. Em uma versão final industrial, recomenda-se a alimentação por baterias recarregáveis e uma fonte chaveada mais elaborada.

CAPÍTULO 4 - TESTES E RESULTADOS

Avaliar um sistema de ajuda à comunicação quanto à sua eficiência torna-se uma tarefa complicada, considerando-se o tipo de pessoas que farão uso desse sistema. Esses usuários apresentam tamanho comprometimento motor que, sem esses dispositivos, ficam totalmente dependentes do apoio de uma pessoa não portadora de deficiência para a realização de qualquer tarefa.

A melhor maneira de avaliar-se um sistema desse tipo é através de uma análise comparativa, onde dois ou mais sistemas seriam utilizados por um grupo de deficientes, e as considerações seriam traçadas para os equipamentos em função de cada usuário. Desta forma pode-se determinar a eficiência dos vários recursos em função da performance de cada usuário. Neste caso a não disponibilidade de um grande número de usuários para testes não afetaria a integridade dos resultados.

Entretanto, em se tratando de um sistema sem similar no Brasil, não se pôde dispor de outro equipamento para a execução de tal procedimento.

Assim sendo, testes com métodos quantitativos serão adotados para o registro das características desse sistema.

A constatação de determinados efeitos, como por exemplo os benefícios produzidos pelo equipamento, nem sempre é possível de ser efetuada por meio de testes quantitativos. Por outro lado, testes possíveis de serem realizados quantitativamente, como medida de fluência, podem não ter valor significativo quando deseja-se avaliar simplesmente o grau de articulação do equipamento para um determinado usuário. Freqüentemente, em sistemas que destinam-se à edição de textos, ocorre um detrimento da fluência em benefício do grau de articulação. Assim sendo, somente os números referentes ao problema levantado, devem ser considerados durante a análise dos resultados de um teste.

Os testes realizados no PYTHÍA foram divididos em duas categorias. Uma primeira categoria caracterizada por testes de bancada e uma outra categoria constituída por testes com usuários.

1) A primeira seqüência de testes foi essencialmente constituída por testes de bancada, onde buscou-se verificar se o funcionamento das varias partes do equipamento correspondia às espectativas do projeto. Dentre os testes realizados os de maior relevância foram:

_ Verificação do circuito de relógio da U.C.P., pois tanto o funcionamento do processador como os periféricos que utilizam alguma base de tempo (USART, circuito de som, varredura do sistema), dependem da freqüência (*CLOCK*) gerada neste circuito. As duas freqüências do circuito oscilador mantiveram-se estáveis durante os testes em 12MHz e 4MHz, como desejado. As medidas de freqüência foram obtidas através de um osciloscópio Tecktronics modelo 2240, onde avaliou-se tambem a forma de onda.

_ A operação do equipamento em modo rede foi avaliada através da interligação de duas unidades em rede e da monitoração da linha de dados através de um osciloscópio digital Tektronics modelo 2240. Este teste se constituiu de uma bateria de transmissões de dados de uma prancha para outra por várias horas, quando foi observado se em momentos onde ocorreram problemas de fluxo de dados, o sistema conseguia recuperar-se automáticamente, utilizando os recursos incorporados no software. Em uma segunda etapa, o sistema permaneceu conectado em rede por 48 horas ininterruptas, a fim de se detectar problemas de comunicação. Todos esses testes foram bem sucedidos.

_ As demais funções do equipamento foram avaliadas sob ponto de vista funcional, e foram insistentemente utilizadas a fim de localizarem-se possíveis problemas. Somente após a determinação de que todo o sistema funcionava devidamente,

iniciaram-se os testes com usuários. Esta precaução foi tomada tentando-se evitar situações frustantes para os usuários, causadas por problemas técnicos. Para os testes de funcionamento geral do equipamento, foi desenvolvido um programa que utiliza todas as suas funções automaticamente, a fim de diferenciar falhas no hardware de falhas no software.

2) A segunda categoria de testes foi constituida por A) testes de fluência e B) avaliação do grau de articulação:

A) No teste de fluência foi medida a quantidade de símbolos de seleção escolhidos por minuto e calculada a fluência dos usuários, que representa o número médio de palavras por minuto. Os dados foram extraídos de seções realizadas com os usuários, onde as medidas eram realizadas a partir de conversas informais, sem que estes percebessem a realização do teste. Este teste foi realizado em dois usuários e seus resultados podem ser analizados nas Tabelas 4.1 e 4.2. Os tempos de varredura foram iguais e constantes em 2 segundos. Em nenhum dos casos foi utilizado o recurso de antecipação de palavras, ou seja, quando utilizado o modo alfabeto as palavras foram escritas letra a letra. No cálculo da fluência não foi descontado o tempo gasto com as correções dos erros cometidos, e este tempo gasto altera substancialmente a medida da fluência. Este fato deve ser considerado na análise dos resultados.

	TOT SÍMBOLOS	ERROS	ACERTOS	TEMPO	FLUÊNCIA
	3	1	2	2	1.50
*	10	2	8	15	0.66
*	10	3	7	18	0.55
*	15	2	13	25	0.60
	7	1	6	11	1.57
*	3	0	3	5	0.60
	(UNIDADE)	(UNID.)	(UNID.)	(MIN.)	(UNIDADE / MINUTO)

Tabela 4.1. Resultados dos testes de fluência com o primeiro usuário.

Os asteriscos indicam testes onde foi utilizada a opção ALFABETO. Note que nessas situações a fluência do usuário diminuiu bastante.

As opções sem asterisco indicam símbolos de seleção acessados diretamente no painel do equipamento.

TOT SÍMBOLOS	ERROS	ACERTOS	TEMPO	FLUÊNCIA
6	1	5	8	0.75
5	0	5	9	0.55
3	0	3	6	0.50
7	0	7	9	0.77
(UNIDADE)	(UNID.)	(UNID.)	(MIN.)	(UNIDADE / MINUTO)

Tabela 4.2. Resultados dos testes de fluência com o segundo usuário.

Esse usuário somente utilizou a opção alfabeto. Note que a fluência do usuário permanece bastante reduzida, como no teste anterior, Tabela 4.1.

B) Para avaliar o grau de articulação do equipamento, foi elaborado um teste qualitativo onde figuras previamente escolhidas foram apresentadas ao usuário do sistema. Após a observação de cada uma das figuras foi pedido ao usuário que elaborasse uma frase sobre a respectiva figura. A articulação foi avaliada através da possibilidade do usuário representar graficamente uma idéia completa, por exemplo elaborando uma sentença que fosse inteligível sem o auxílio da figura. É importante lembrar que o grau de articulação do equipamento, em relação ao usuário, representa a proximidade entre o potencial do equipamento em fornecer elementos de linguagem e as necessidades de comunicação do usuário. Através das frases criadas, procurou-se observar a facilidade em se perceber erros de compreensão durante a comunicação, utilizando-se as figuras como elementos de referência. Não foi medido o tempo de acesso às palavras do painel frontal, concentrando-se a atenção na elaboração de palavras com o alfabeto. As Tabelas 4.3 a 4.7 relatam dados colhidos para cada figura apresentada durante a realização deste teste, seguidas de um breve comentário.

Nas tabelas abaixo, a coluna PALAVRA indica as palavras escritas pelo usuário durante a apresentação da figura. A coluna TEMPO informa o tempo gasto para a elaboração da referida palavra, não sendo computados os tempos de palavras extraídas do conjunto *BLISS*, localizado no painel frontal do equipamento. A coluna de FLUÊNCIA indica o número de palavras por minuto, não sendo descontado tempo gasto com raciocínio e correções de erros. A coluna SÍMBOLOS / MINUTO foi introduzida para medir a taxa de escolha de símbolos, pois a elaboração de palavras pelo alfabeto compreende na escolha de letras que, por sua vez, correspondem cada uma, a um símbolo independente. Portanto, o valor da fluência em termos de palavras escritas não é o mesmo da taxa de símbolos selecionados, ou seja, uma palavra retirada do painel corresponde a um símbolo escolhido e uma palavra escrita no modo alfabeto é composta por mais de um símbolo. Por último é fornecido na coluna de ERROS, o número de erros cometidos e corrigidos pelo usuário.

	PALAVRAS	TEMPO	SÍMBOLOS / MINUTO		
	0	21	2.85		
	PASSARINHO	137	4.38		
	QUE	72	2.50		
	ESTAR	-	-		
	ESPERANDO	118	4.58		
	COMIDA	-	-	FLUÊNCIA	ERROS
TOTAIS	6	490 (SEG.)	-	0.73 (PALAVRAS/ MINUTO)	2

Tabela 4.3. Dados colhidos da primeira figura apresentada ao Usuário 2.

As palavras "ESTAR" e "COMIDA" foram retiradas diretamente do painel frontal, não sendo computados seus tempos de acesso.

	PALAVRAS	TEMPO	SÍMBOLOS / MINUTO		
	A	36	1.66		
	MENINA	88	4.09		
	E	-	-		
	O	-	-		
	ANIMAL	82	4.36		
	-	-	-	FLUÊNCIA	ERROS
TOTAIS	5	300 (SEG.)	-	1.00 (PALAVRAS/ MINUTO)	2

Tabela 4.4. Dados colhidos da segunda figura apresentada ao Usuário 2.

	PALAVRAS	TEMPO	SÍMBOLOS / MINUTO		
	A	22	2.72		
	MADEIRA	184	2.28		
	E	12	5.00		
	MONTANHA	9	53.33		
	AREIA	-	-		
	-	-	-	FLUÊNCIA	ERROS
TOTAIS	5	487 (SEG.)	-	0.62 (PALAVRAS/ MINUTO)	2

Tabela 4.5. Dados colhidos da terceira figura apresentada ao Usuário 2.

A palavra montanha apresenta uma taxa de seleção de 53.33 símbolos por minuto. Este valor elevado pode ser explicado pelo fato desta palavra constar no dicionário interno do equipamento, sendo escolhida diretamente, sem que fosse necessário escreve-la letra a letra.

	PALAVRAS	TEMPO	SÍMBOLOS / MINUTO		
	O	11	5.45		
	VENTO	156	1.92		
	QUE	-	-		
	LEVA	100	2.40		
	-	-	-		
	-	-	-	FLUÊNCIA	ERROS
TOTAIS	4	445 (SEG.)	-	0.53 (PALAVRAS/ MINUTO)	4

Tabela 4.6. Dados colhidos da quarta figura apresentada ao Usuário 2.

A fluência baixa nesta figura deve-se a um longo período gasto na correção dos erros.

PALAVRAS	TEMPO	SÍMBOLOS / MINUTO		
A	48	1.25		
MADALENA	120	4.00		
QUE	-	-		
ESTAR	-	-		
SENTADA	95	4.42		
EM	-	-		
CIMA	-	-		
NA	60	2.00		
MAQUINA	75	5.60		
DE	-	-		
LAVAR	-	-		
ELA	-	-		
ESTAR	-	-		
LENDO	70	4.29		
SEU	-	-		
LIVRO	-	-	FLUÊNCIA	ERROS
TOTAIS	16	1235 (SEG.)	-	0.77 (PALAVRAS/ MINUTO)	6

Tabela 4.7. Dados colhidos da quinta figura apresentada ao Usuário 2.

Neste teste, a fluência também ficou prejudicada pelo tempo gasto na correção de erros, e no tempo gasto raciocinando durante a elaboração da frase.

CAPÍTULO 5 - DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

DISCUSSÃO

No CAPÍTULO 2 foram descritas técnicas utilizadas em sistemas de ajuda à comunicação, e no CAPÍTULO 3 o equipamento desenvolvido foi apresentado em detalhes, sendo que o mesmo utiliza algumas das técnicas mencionadas no CAPÍTULO 2. Para a determinação de quais recursos técnicos seriam incorporados ao PYTHÍA, durante as fases de estudo do problema e de projeto do equipamento foram levantadas algumas características dos usuários.

Todas as técnicas empregadas no equipamento, como apresentação dos símbolos de seleção, algorítimo de seleção, processo de varredura, suporte mecânico do equipamento, simbologia adotada e recursos de edição, foram cuidadosamente estudadas a fim de se obter o melhor rendimento possível dos usuários em potencial desse sistema - portadores de distúrbios neuromotores graves.

Em função dos usuários desse equipamento (deficiêntes com elevado grau de comprometimento motor) e do método de comunicação utilizado por esses usuários, foi determinado que a melhor estratégia para a representação do algoritmo de seleção seria uma distribuição matricial. Dessa forma ficou facilitado o emprego de

sistemas alternativos de comunicação[1]. Para o processo de varredura dos símbolos foi empregado uma varredura automática do tipo linha-coluna, que permite a utilização de um único dispositivo de entrada. Isso porque este tipo de usuário dificilmente é capaz de controlar mais de um dispositivo de entrada. Além disso, a varredura automática é definitivamente mais adequada do que outra técnica como a varredura dirigida, quando nos referimos a usuários sem a capacidade para efetuar muitos movimentos repetidos.

Uma outra justificativa para a apresentação dos símbolos de seleção na forma matricial, em um painel frontal, é a possibilidade do equipamento ser utilizado como um dispositivo tradicional em caso de falha ou falta de energia. Nesses casos, o usuário pode executar uma seleção direta ou uma varredura dirigida no painel do equipamento.

Um dos objetivos iniciais do projeto foi desenvolver um sistema portátil e de baixo custo, o que não seria exeqüível com a utilização de um microcomputador, mesmo um computador portátil (devido ao custo elevado). Daí a necessidade de se desenvolver um sistema dedicado.

---

[1] A simbologia *BLISS* adotada pela escola onde foram realizados os testes é um sistema alternativo de comunicação.

Apesar de todos os recursos técnicos terem sido cuidadosamente estudados, e o emprego dos mesmos serem defendidos por vasta bibliografia, como citado no CAPÍTULO 2, o conjunto dos símbolos de seleção tornou-se demasiadamente grande e conseqüentemente, o acesso a determinados símbolos ficou muito demorado. Estes fatos podem ser comprovados pelos resultados dos testes realizados, onde o ganho em fluência não se revelou bastante incrementado.

Como solução para acelerar o processo de seleção, pode-se explorar mais a técnica de antecipação de palavras.

Apesar do sistema desenvolvido apresentar um recurso para a elaboração de palavras por antecipação, que se demonstrou importante devido à sua elevada taxa de utilização (foi o recurso mais utilizado pelos usuários durante os testes), foram observados alguns inconvenientes que necessitam ser corrigidos para aumentar a fluência dos usuários:

- Mostrou-se necessário que o equipamento tenha capacidade de assimilar novas palavras e frases, automaticamente.

- A técnica de varredura linear sobre as letras do alfabeto apresentado no visor de cristal líquido se demonstrou ineficiente, pois tornou o processo de elaboração de palavras muito lento. A apresentação matricial do alfabeto sendo percorrido por uma varredura linha-coluna é, sem dúvida, mais eficiente.

- As letras do alfabeto, apesar de estarem distribuídas segundo um critério de maior incidência, não correspondeu às expectativas. A redistribuição contínua da localização dessas letras em função de regras gramaticais, e de uma estatística de incidência das letras nas palavras, é uma estratégia mais eficiente.

Um fator que representou uma real dificuldade durante o desenvolvimento e teste deste sistema foi a construção de dispositivos de entrada específicos a cada usuário. Tais dispositivos devem ser confeccionados com materiais adequados e dentro de rigorosas especificações de qualidade, requerendo mão-de-obra qualificada e aquisição de matéria prima adequada.

Os resultados dos testes apresentados no capítulo anterior assim como observações feitas durante a fase desses testes, confirmam as sugestões e comentários feitos acima.

CONCLUSÕES

O uso do recurso de alfabeto reduziu drasticamente a fluência dos usuários, exigindo uma estratégia mais eficaz. Uma alternativa eficiente é a antecipação de palavras, que tende a elevar em muito a fluência do usuário. Isto pode ser comprovado com o Teste 2, Tabela 4.5. Neste, o usuário fêz uso da palavra MONTANHA que faz parte do dicionário interno, e elevou a taxa de símbolos selecionados para 53.33 símbolos / minuto. Se a maior parte das palavras que necessitarem ser escritas puderem ser antecipadas após fornecidas duas ou três letras ao equipamento, a fluência deverá ser aumentada para uma faixa entre 4 e 6 palavras por minuto.

Considerando uma taxa de seleção de 53.33 símbolos por minuto para uma palavra de oito letras, serão necessários quatro acionamentos para fornecer duas letras ao equipamento e mais dois para escolher a palavra antecipada. Isto consome seis símbolos da taxa média, restando 47.33 símbolos por minuto. Fixando a média de tamanho das palavras em 8 símbolos (letras), teremos uma fluência da ordem de 5.91 palavras por minuto. É fácil de se notar que estes cálculos não consideram tempos despendidos com correções e raciocínio do usuário.

Este trabalho acrescentou muito para o conhecimento sobre o uso de dispositivos de ajuda à comunicação, e representa uma ferramenta importante para os profissionais que lidam com a comunicação alternativa no Brasil.

Em paralelo, está a importância de um equipamento desenvolvido observando-se as características da língua portuguesa. Um fator notório é o relativo curto espaço de tempo de resposta de seus resultados, fornecendo ao educador especial um *feed-back* da estratégia de ensino adotada.

O recurso de interligação dos equipamentos formando uma rede obteve boa receptividade, atraindo a atenção de alunos e professores. Mesmo não sendo um recurso possível de ser avaliado quantitativamente, seus efeitos qualitativos devem ser observados após um longo período de uso, em termos de melhorias na interação de alunos e professores em sala de aula.

Em suma, o equipamento demonstrou-se necessário e eficiente, pois supre as necessidades básicas de comunicação dos usuários, minimiza erros de interpretação das informações, e desperta o interesse dos usuários para seu uso. Após as alterações sugeridas neste capítulo, é previsível que o sistema se torne mais eficiente.

Com relação às expectativas de custo do equipamento, uma primeira avaliação revelou que se fabricado em escala industrial, o preço unitário oscilaria em torno de US$2,000.00. Este valor pode ser considerado baixo se comparado com computadores pessoais

que possuem escala de produção muito superior, ou até mesmo com equipamentos de ajuda à comunicação norte-americanos, os quais possuem preços situados entre US$1,000.00 e US$3,000.00 e nenhum dos equipamentos disponíveis apresenta todos os recursos aqui discutidos, em um único modelo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAKER, B., 1982; MINSPEAK, BYTE Publications Inc., Vol 7, September, 186-202.

BEN-ARI, M., 1982; Principles of Concurrent Programming, by Prentice-Hall International, Inc.

BEUKELMAN, D. R., 1984; YORKSTON, K. M.; Computer Enhancement of Message Formulation and Presentation for Communication Augmentation System Users. Seminars in Speech and Language, Vol. 5, Number 1, 1-10, February.

BEUKELMAN, D. R.; YORKSTON, K. M., 1984; Communication Augmentation: A Casebook of Clinical Managment, Taylor and Francis, London.

BLISS, C. K., 1965; Semantography, Sydney, Australia: Semantography Publications.

BRESLER, M. I., 1982; A Multimode Communicator for the Handicapped, The IEEE Computer Society Workshop on Computing to Aid the Handicapped, Charlotteville, Virginia, November.

BRUNO, J.; STOUGHTON, A. M., 1984; Computer-Aided Communication Device for a Child With Cerebral Palsy, Arch. Phys. Med. Rehabil., Vol 65, 603-5, October.

BUHR, P. A.; HOLTE, R. C., 1981; Some considerations in the design of communication aids for the severely physically disabled; Medical & Biological Engineering & Computing, vol 19, 725-733.

BUREAU FOR THE EDUCATION OF THE HANDICAPPED, 1976; Conference on Communication Aids for the Nonvocal Severely Handicapped; Alexandra, Virginia, December.

CHARLEBOIS-MAROIS C., 1985; Everybody's Technology: a sharing of ideas in augmentative communication, Montreal: Charlecoms enr.

CHRISTENSEN, E.; MELCHIOR, J., 1967; Cerebral Palsy. A Clinical and Neuropathological Study; Clinic in Developmental Medicine, Num 25; W heinemann, London.

CLEMENTS, K.; DAUGHERTY D., 1981; Ultra-Low-Cost Network for Personal Computers, BYTE Publications Inc., 50-66, October.

GILBER, C. D.; CHILDRESS, D. S., 1982; Language Anticipation With a Computer Based Scanning Communication Aid, The IEEE Computer Society Workshop on Computing to Aid the Handicapped, Charlotteville, Virginia, November.

GRAYSTONE, P., 1982; Special Computer Interfaces for the Vocational Rehabilitation of the Severely Disabled, The IEEE Computer Society Workshop on Computing to Aid the Handicapped, Charlotteville, Virginia, November.

HAMMOND, J. L.; O'REILLY, P. J. P., 1986; Performance Analysis of Local Computer Networks; Addison-Wesley Publishing Company Inc., Cap 7, 193-221.

HECKATHONE, C. W.; CHILDRESS, D. S., 1982; An Integrated Computer System for Anticipatory Text Generation and Device Control by Individuals With Severe Motor Impairment, The IEEE Computer Society Workshop on Computing to Aid the Handicapped, Charlotteville, Virginia, November.

HECKATHORNE, C. W.; CHILDRESS, D. S., 1983; Applying Anticipatory Text Selection in a Writing Aid for People with Severe Motor Impairment; IEEE MICRO, Vol, 17-23; junho.

IAPX 88 BOOK, 1983; publicado para INTEL Corporation por Reston Publishing Company, Inc.

LAGERGREN, J., 1981; Children with motor handicaps, Acta Paediatrica Scandinavia, suppl. 289.

LEFEVRE A. B., 1980; Neurologia Infantil; Semiologia + Clínica + Tratamento; Por A. B. Lefevre e A. J. Diament. São Paulo, Sarvier, Cap 36, 471-484.

McDONALD, E. T., 1980; Teaching and Using Blissymbolics, The Blissymbolics Communication Institute, Toronto, Ontario, Canada.

MELO, C. P., 1986; Pessoas deficientes: algumas coisas que é preciso saber, São Paulo, Conselho Estadual Para Assuntos da Pessoa Deficiente - CEAPD.

MICHALAROS, J. A.; CALIL, S. J., 1990; Um dispositivo de ajuda a comunicação para portadores de disturbios motores: antecipação de palavras; XII Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, Ribeirão Preto, São Paulo.

OWRAM, L., 1982; Introducing Blissymbolics: A Guide for Parents & Friends of Symbol Users, The Blissymbolics Communication Institute, Toronto, Ontario, Canada.

RAMEY, R. L.; JOHNSON, B. W., 1982; Microcomputer-based Aid for the handicapped computer programmer; Medical & Biological Engineering & Computing; Vol 20, 640-644, Sep.

TASH Inc., 1987; Technical Aids and Systems for the Handicapped Inc., Technical Catalogue, 70 Gibson dr., Unit 12, Markham, Ontario, Canada, L3r 4C2.

TENENBAUM, A. M.; AUGENSTEIN, M. J., 1986; Data Structures Using Pascal, second edition, by Prentice-Hall, Cap. 6.

von TETZCHNER, S., 1985; Words and chips - pragmatics and pidginization of computer-aided comunication, Child Language Teaching and Therapy, 1, 295-305.

von TETZCHNER, S., 1988; Aided communication for handicapped children; em Ergonomics in Rehabilitation; Editado por Anil Mital e Waldemar Karwowski. Taylor Francis, Cap 16, 233-252.

VANDERHEIDEN, G. C., 1978; Non-Vocal Communication Resource Book, University Park Press, Baltimore.

YODER, D. E.; KRAAT, A., 1983; Intervention issues in nonspeech communication, Ins Contemporary Issues in Language Intervention, Edited by J. Miller, D. E. Yoder and R. L. Schiefelbusch, Rockville, Maryland: American Speech and Hearing Association, ASHA, Report 12.

APÊNDICE A - DISPOSITIVOS DE ENTRADA

Neste Apêndice são mostradas fotografias de dispositivos apontadores utilizados para indicar símbolos ou acionar dispositivos mecânicos, como por exemplo uma máquina de escrever, e dispositivos de entrada para sistemas eletrônicos de ajuda à comunicação.

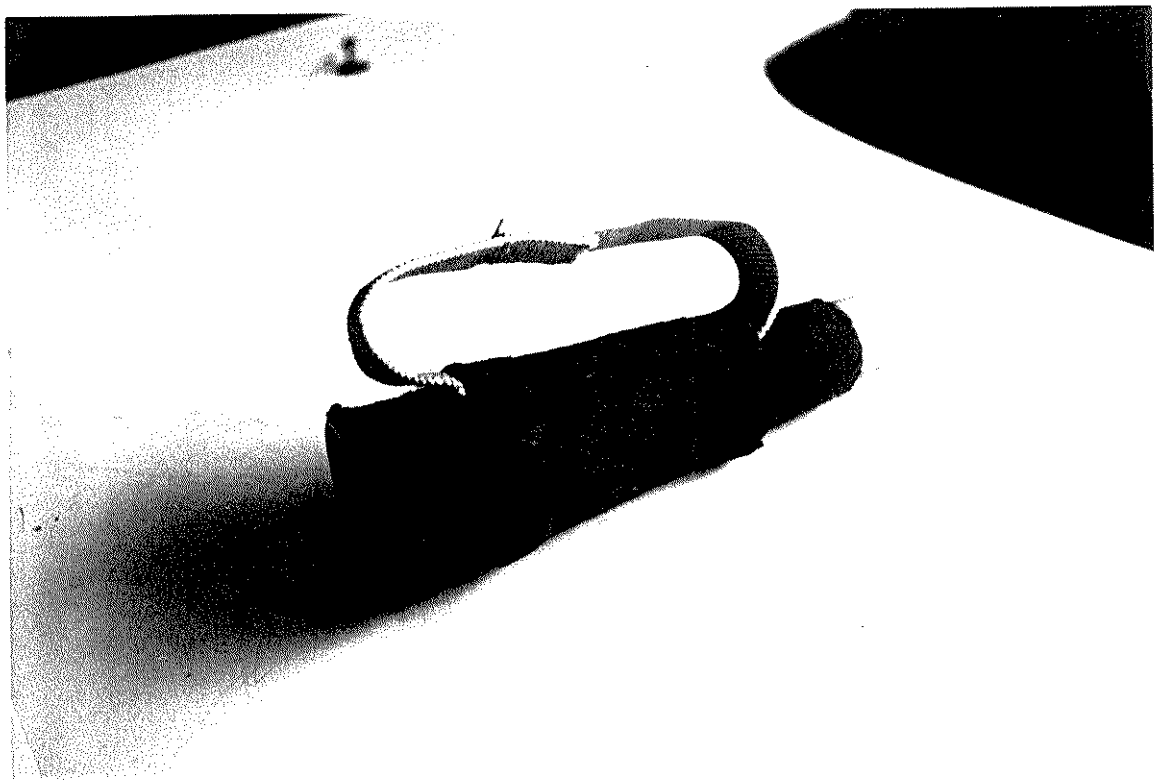


Figura A.1. Apontador de mão.

Este dispositivo é utilizado em pacientes que possuam a tendência ao fechamento da mão impedindo o gesto de apontar. A tira elastica vista na foto, abraça as costas da mão do deficiente, impedindo que o apontador se solte devido a algum movimento incontrolado.

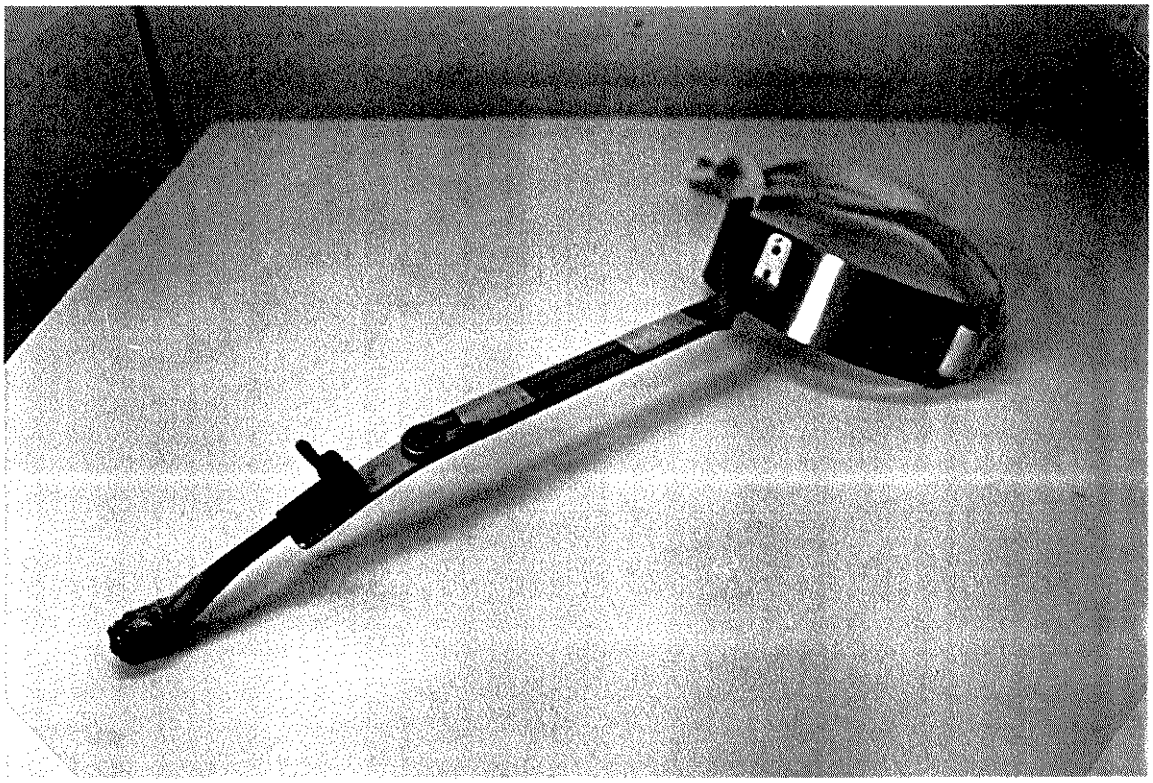


Figura A.2. Apontador de cabeça.

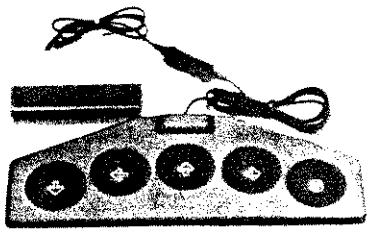
O apontador de cabeça é posicionado na testa do usuário e amarrado através de tiras, à parte posterior da cabeça. Este acessório é utilizado tanto para indicar símbolos dispostos em um painel de comunicação, como para acionar dispositivos elétricos e mecânicos, como uma máquina de escrever

Figura A.3. Dispositivo acionado pela cabeça.

Este dispositivo de entrada é fixado à cadeira de rodas na sua parte posterior, o deficiente aciona este acionador com um movimento lateral de cabeça. Este acionador de cabeça foi utilizado durante os testes do PYTHÍA.

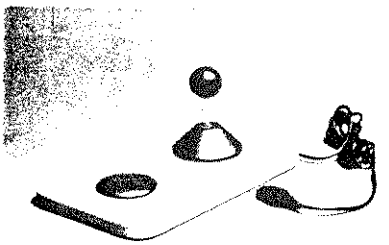
a)

5005 Mouse Emulator

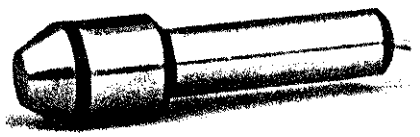


b)

5012 Joystick with pad

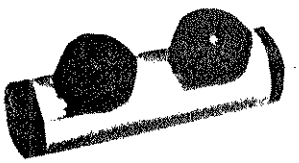


5300 Cylindrical touch



c)

5510 Chin



d)

Figura A.4. Dispositivo acionadores: a) emulador de *mouse;* b) *Joystick;* c) Chave de toque (2 chaves); d) Acionador de queixo.

O emulador de *mouse* é acionado por toque de mãos ou pés. A chave de toque é acionada pelo contato da pele com as superfícies metálicas.

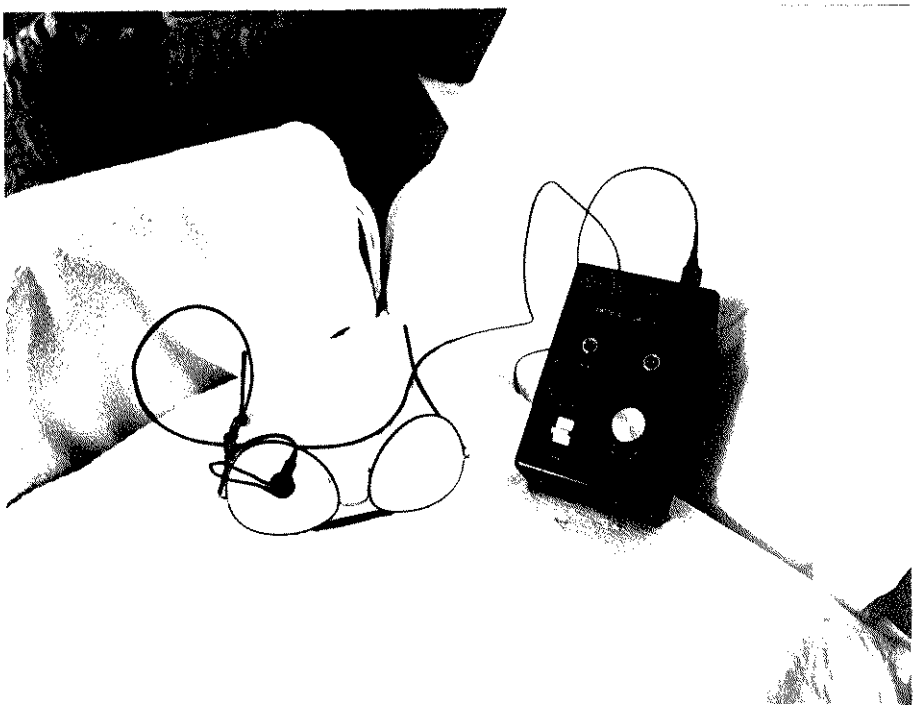
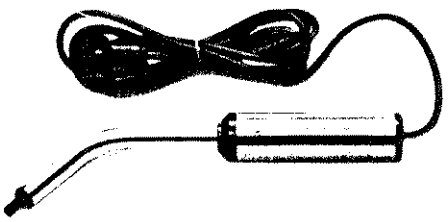


Figura A.5. Acionador óptico.

Este dispositivo é capaz de detectar a abertura e fechamento das pálpebras, além de desprezar piscadelas produzidas pelo reflexo natural de lubrificação dos olhos.

a)

5100 Pneumatic
5101 Pneumatic with extended tube for swivel clamp mounting



b)

5024 Penta

5450 Head rest dual switch

c)

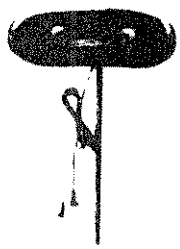


Figura A.5. Dispositivo acionadores: a) Chave pneumática; b) teclado com 5 chaves; c) Dupla chave de cabeça

A chave pneumática é controlada pela sucção ou sopro, podendo ser utilizada mesmo o paciente estando ligado a um aparelho ventilador. Este teclado com 5 chaves é indicado para pessoas com bom movimento de dedos porém fracos. As chaves mostradas na figura c, estão adaptadas ao suporte de cabeça que deve ser acoplado à cadeira de rodas.

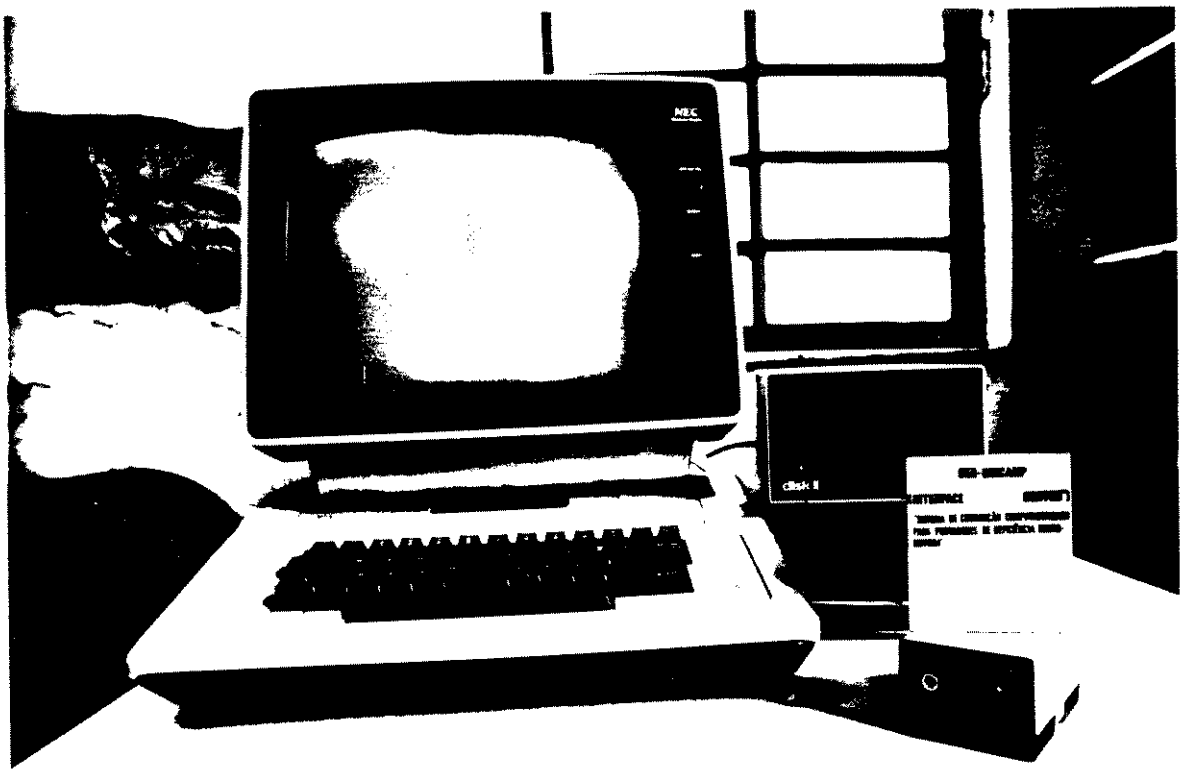


Figura A.6. Interface que permite a conexão de chaves acionadoras do tipo *single-switch*, ao *game-port* do computador *APLLE PLUS*.

APÊNDICE B - O MÉTODO *BLISS* DE COMUNICAÇÃO

- Introdução

- A origem do método *BLISS*

- Ideologia

- Os tipos de símbolos que formam o método *BLISS*

- Algumas características do método *BLISS*

- Alguns indicadores *BLISS*

Introdução:

"Não é pretensão deste apêndice fazer uma dissertação aprofundada sobre o sistema *BLISS* de comunicação. Serão descritos sucintamente sua história, ideologia, alguns grupos de símbolos e suas características. Entretanto, um estudo aprofundado deste método pode ser encontrado na obra *SEMANTOGRAPHY* (BLISS, 1965)."

A comunidade é uma associação de pessoas com organização e interesses comuns. Uma característica importante da comunidade é o companheirismo, que envolve compartilhar experiências, atividades, interesses e sentimentos. A qualidade de membro de uma comunidade é freqüentemente negada àqueles que, em pontos importantes, diferem dos membros desta comunidade. O efeito da exclusão individual é devastador. Sociabilidade é uma característica bem conhecida dos seres humanos. A quantidade e a qualidade de interação social de um indivíduo tem um efeito poderoso em seu desenvolvimento sócio-emocional e influencia o desenvolvimento cognitivo da criança, que parece buscar estimulação social já com algumas semanas de vida (McDONALD, 1980).

As palavras "comunicação" e "comunidade" originam-se de uma raiz latina que significa "comum". Comunicar significa

compartilhar, fazer comum os pensamentos, sentimentos e dúvidas.

A comunicação não é somente a chave de entrada para a comunidade, é também a força que une as pessoas em uma cultura. Pessoas impossibilitadas de se comunicarem estão fracamente ligadas à cultura e forçadas a existir como membros marginais à sua comunidade.

Na comunidade, a maior parte da comunicação se dá verbalmente. Algumas pessoas são incapacitadas para desenvolver a fala e a escrita, mas são capazes de entender a fala de outras. Elas devem, portanto, aprender outros métodos de comunicação.

A origem do método *BLISS*:

Os símbolos *BLISS* não foram desenvolvidos para solucionar os problemas de comunicação das pessoas deficientes. Charles Bliss tentava satisfazer um antigo desejo da humanidade de uma língua universal.

Karl Blitz nasceu na Áustria próximo à fronteira da Rússia, onde pessoas de várias nacionalidades conviviam muito próximas. Ainda criança observou que pessoas de diferentes origens se odiavam, falavam e pensavam em diferentes línguas. Após graduar-se em engenharia química na Universidade de Tecnologia de Viena, entrou para uma empresa de eletrônica e tornou-se chefe do

departamento de patentes. Mais uma vez, enfrentou o problema de palavras ambíguas e vagas das diferentes línguas, quando realizava especificações de patentes. Quando Hitler invadiu a Áustria em 1938, Blitz foi mandado para um campo de concentração onde enfrentou outra vez os problemas das diferentes línguas. Blitz fugiu para a Inglaterra onde trocou seu nome para Charles Bliss. Em seguida mudou-se para Shangai, China, a fim de encontrar-se com sua esposa. Lá foi influenciado pelos símbolos chineses. A escrita ideográfica permitia a muitas pessoas, cada uma falando um dialeto diferente, unirem-se, pois seus líderes podiam ler os ideogramas independentemente do dialeto falado.

Após a invasão japonesa na China, Bliss e sua esposa emigraram para a Austrália onde trabalhou em seus símbolos. Em 1949, incapaz de encontrar um editor, Bliss e sua esposa datilografaram o manuscrito em estêncil. As 700 páginas foram encadernadas em três volumes que constituíram a primeira edição de *SEMANTOGRAPHY*.

Em 1965 uma segunda edição foi publicada em *offset*, mas sua obra permaneceu pouco conhecida até que em 1971 Shirley Mac Naughton, do Ontario Crippled Children's Centre, Canadá, a "descobriu".

Ideologia:

Bliss queria fazer mais que planejar uma língua universal (BLISS, 1965). Ele quis desenvolver uma escrita que:

> Fosse lida em todas as línguas.
>
> Apresentasse a capacidade de alfabetizar.
>
> Expusesse as idéias ilógicas e as mentiras.
>
> Desmascarasse os demagogos.
>
> Possuísse lógica e semântica simples, que até uma criança viesse a resolver seus problemas.
>
> Possuísse uma ética universal, livre de inscrição religiosa e aceita por todos.
>
> Unisse o mundo, tão desastrosamente desunido pelas línguas.

É importante entender que Bliss não previu o uso de seus símbolos por pessoas deficientes, incluindo algumas que trabalhassem em um baixo nível cognitivo. Por isto muitas alterações foram realizadas nos símbolos *BLISS* e alguns novos símbolos tiveram que ser criados pela equipe do Ontario Crippled Children's Centre (OCCC), em Toronto, Ontário, Canadá.

Há muito mais nos símbolos *BLISS* do que um conjunto de símbolos gráficos. Existem regras para desenhá-los, para os

compor e produzir novos símbolos. Uma gramática simples e uma sintaxe proporcionam muitas formas de expressão do significado. Bliss referiu-se a seu trabalho como *SEMANTOGRAPHY*, do grego "semanticos" (significado, sentido) e "graphia" (escrever); logo "escrever o significado". Em razão de ser este termo muito genérico, foi adotado o nome *BLISSYMBOLICS*, a fim de diferenciá-lo de outros métodos de "escrever o significado".

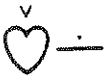
Os símbolos *BLISS* podem ser caracterizados por alguns aspectos:

1) Exceto por alguns poucos símbolos arbitrários, eles são baseados no raciocínio e, quando entendido, facilitam a interpretação do sentido.

2) Os símbolos são produtivos, isto é, podem gerar novos símbolos com novos significados, quando combinados segundo algumas regras.

3) Os símbolos são guiados pelo sentido e não por sons ou palavras. Esta característica demonstra sua significância, quando observam-se crianças sem uma língua em comum comunicando-se através do método *BLISS*.

O quadro abaixo mostra uma lista de palavras em várias línguas seguidas pelos símbolos *BLISS* equivalentes:

PORTUGUÊS	FRANCÊS	GREGO	INGLÊS	BLISS
SENTIMENTO	SENTIMENT	αισοημα	FEELING	
FELIZ	HEUREUX	χαρουμενοσ	HAPPY	
TRISTE	TRISTE	λυπημενοσ	SAD	
ORGULHOSO	ORGUEILLEUX	υπερηφανοσ	PROUD	
ZANGADO	FÂCHÉ	ουμωμενοσ	ANGRY	

Através do quadro mostrado acima, pode-se notar que em todas as línguas as palavras são orientadas pelos sons (fonemas), enquanto que no método *BLISS*, estas são dirigidas pelo sentido. O símbolo do coração, que significa sentimento, aparece em todos os outros símbolos, pois todos eles referem-se a sentimento:

Feliz => Sentimento para cima (observe a posição da flexa).

Triste => Sentimento para baixo (idem para a flexa).

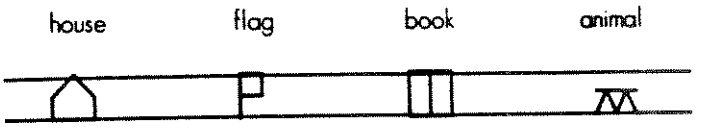
Orgulhoso => Sentimento superior (ponto posicionado acima).

Zangado => Muito sentimento de oposição (o sinal de multiplicação e a direção das setas significando oposição).

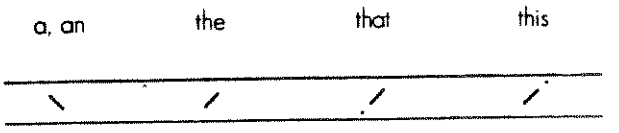
Esta característica de ser orientado pelo sentido faz dos *BLISSYMBOLS* uma poderosa ferramenta de comunicação, que pode ser facilmente aprendida e memorizada.

- Os tipos de símbolos que formam o método *BLISS*:

1_ Pictogramas: Desenhos que parecem o que tentam simbolizar.



2_ Símbolos arbitrários: Desenhos que não têm uma relação pictográfica entre forma e o que tentam simbolizar.



Abaixo estão alguns símbolos arbitrários e suas explicações:

□ Da química, COISA, esboço da mais simétrica e bela forma do cristal.

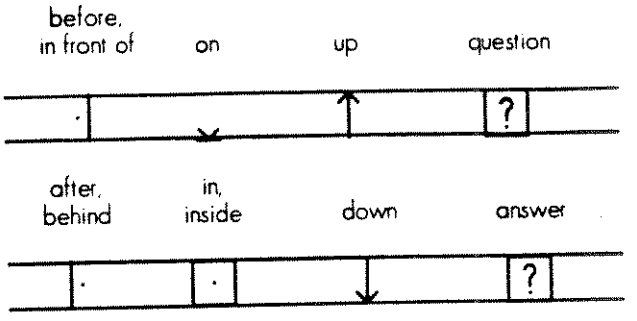
∧ Da física, AÇÃO, sua forma esboça as linhas de um vulcão, que representa uma das mais primitivas forças de AÇÃO da terra.

$\vee$ AVALIAÇÃO humana, representada por um cone em pé sobre seu culme. O cone pode tombar se empurrado e requer muito equilíbrio para permanecer em sua mais instável posição. Exatamente como nas avaliações humanas, que defendemos e são derrubadas quando desafiadas.

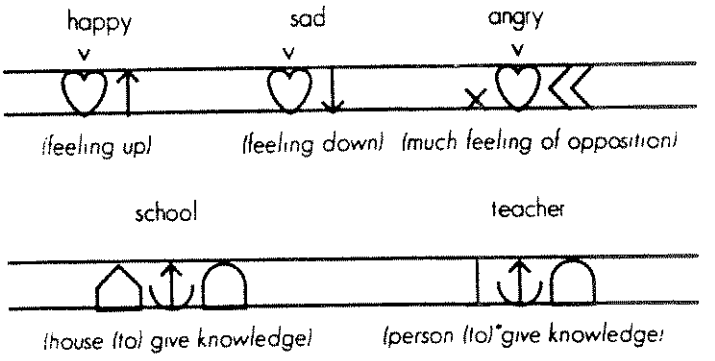
)(TEMPO, representado pelos traços de dois espelhos parabólicos, um virado para o passado, o outro para o futuro. No meio o presente, um passageiro instante, um momento.

$\triangle$ NATUREZA, CRIAÇÃO, este símbolo é totalmente arbitrário, e o homen usará sempre um símbolo arbitrário para este significado (SEMANTOGRAPHY, 1965). Entretanto, C. K. Bliss relata duas esplicações para este símbolo. A primeira vem da busca grega pela ordem e harmonia divinas, que os levou aos cristais que apresentavam formas bonitas e harmoniosas. Isto conduziu a um estudo de geometria, onde a mais simples e harmoniosa figura é o triângulo equilátero. A outra explicação é mais moderna e caracteriza o símbolo pela combinação dos símbolos TERRA $__$ que representa a matéria, e AÇÃo $\wedge$ que representa energia, a fim de formar $\triangle$ que representa CRIAÇÃO e CRIADOR

3_ Ideogramas: Sinais que representam uma idéia ao invés de um som ou letra. O ideograma cria uma associação entre o símbolo e seu conceito.



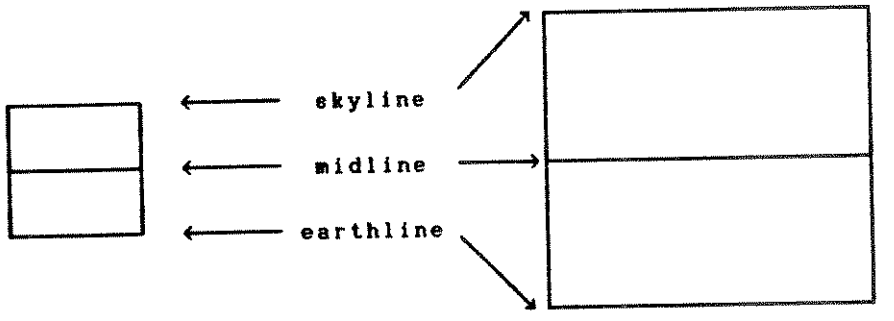
4_ Símbolos compostos: Agrupamento de símbolos, para representar objetos ou idéias.



Graficamente os *BLISSYMBOLS* são desenhos que concordam com regras estabelecidas por Charles K. Bliss e pelo BCI (*BLISSYMBOLICS COMMUNICATION INSTITUTE*). Semanticamente os *BLISSYMBOLS* representam pessoas, coisas, ações, sentimentos, relações e idéias (McDONALD, 1980).

Algumas características dos *BLISSYMBOLS*:

Como os *BLISSYMBOLS* são dependentes do tamanho, posição, espaçamento e configuração, é necessario haver uma estrutura de referência a fim de manter uma relação entre esses parâmetros. O "quadro *BLISS*" é a forma que orienta o desenho dos símbolos. Este quadro pode ser de qualquer tamanho, desde que somente símbolos desenhados sob referência de um mesmo quadro sejam associados. A figura abaixo representa o quadro *BLISS* que é constituído da linha da terra (base do quadro), da linha do céu (topo do quadro) e de uma linha média no centro do quadro. Este quadro não aparece no desenho dos símbolos, pois é apenas um quadro de referência para desenhá-los.



Este quadro é ainda subdividido em pequenos quadros internos para orientar os traçados de criação dos símbolos, garantindo a proporção de tamanho dos traços.

Alguns fatores determinam o significado dos símbolos:

- A CONFIGURAÇÃO ou forma é um indicador importante do significado pretendido. Mesmo uma pequena alteração nos traçados altera o sentido do símbolo. Por exemplo:

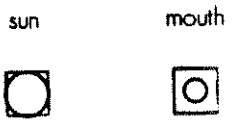
Uma linha horizontal desenhada sobre a base do quadro de referência significa TERRA.

Reduzindo-se esta linha para a metade da linha de base, e traçando-se uma linha vertical partindo de seu centro até a linha do céu, criamos o símbolo para PESSOA.

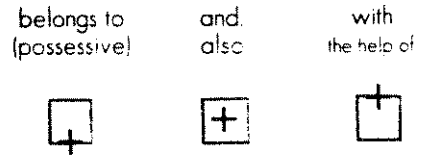
Unindo-se a metade superior do símbolo de PESSOA com o símbolo de AÇÃO, cria-se o símbolo para HOMEM.

Unindo-se a metade superior do símbolo para PESSOA com o símbolo para CRIAÇÃO, temos o símbolo para MULHER.

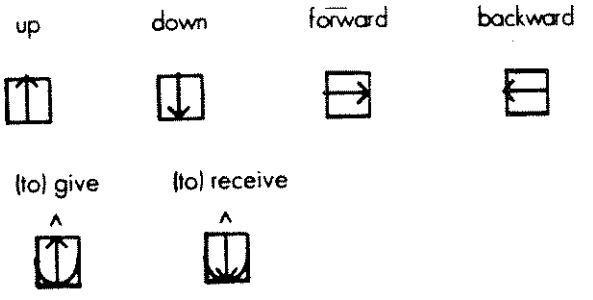
- O TAMANHO deve ser considerado ao interpretarmos um símbolo, como exemplo o símbolo para SOL e para BOCA. Ambos apresentam a mesma configuração porém com tamanhos diferentes:



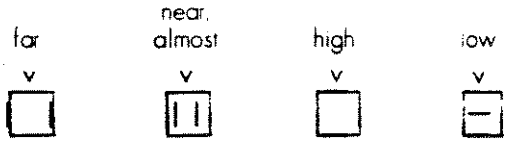
- A POSIÇÃO ou localização dentro do quadro de referência representa significados diferentes:



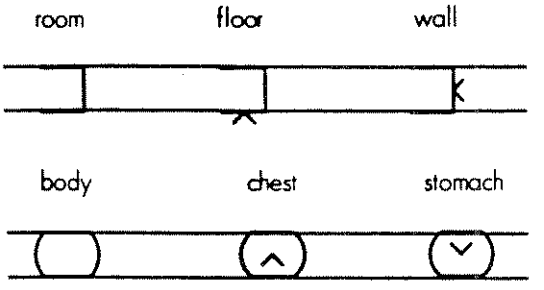
- A DIREÇÃO ou orientação de partes do símbolo afetam o seu significado:



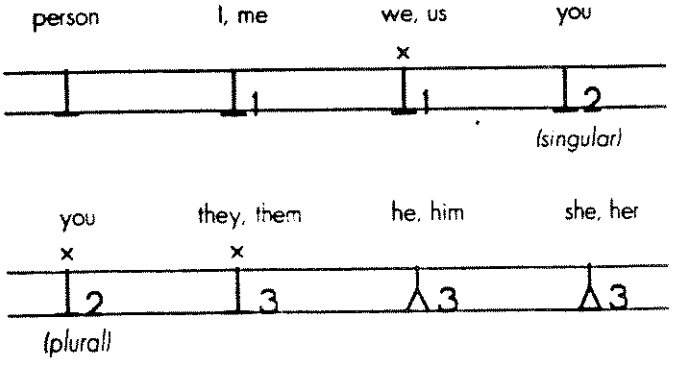
- O ESPAÇAMENTO também apresenta significado:



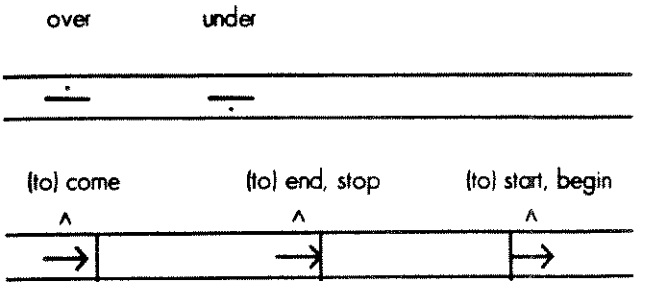
- Um PONTEIRO é utilizado para indicar um detalhe no símbolo, o qual passa a ser o significado desejado:



- Um NÚMERO altera ou torna específico o significado de um símbolo:



- POSICIONADORES referenciais são utilizados em conjunto com outros símbolos para determinar um sentido referencial. Não confundir estes posicionadores com a posição mencionada anteriormente, que se refere à posição do símbolo em relação ao quadrado de referência:



- Os SÍMBOLOS COMPOSTOS são símbolos agrupados por C. K. Bliss ou pelo BCI, a fim de criar novos significados:

1.

drawn alone means *person*

drawn alone means *protection*

when the two symbols are superimposed in this manner, the new symbol means *parent*, the person who provides protection

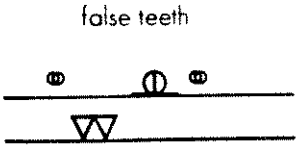
2.

drawn alone means *chair*

drawn alone means *water, liquid*

when the two symbols are superimposed in this manner, the new symbol means *toilet*, chair over water

- Os SÍMBOLOS COMBINADOS são seqüencias criadas pelo usuário ou pelo instrutor a fim de criar um significado especifico para solucionar um problema pessoal. Estes símbolos devem ser delimitados pelo indicador de combinação "∞":



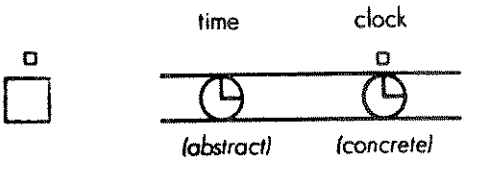
teeth — a pictograph

make believe — to be in the clouds, above the sky

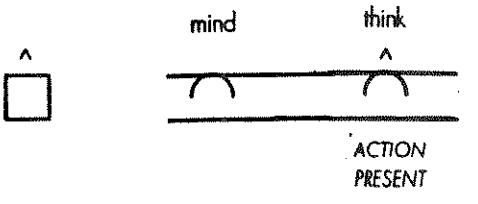
Alguns indicadores *BLISS*:

Os indicadores são utilizados para alterar gramaticalmente os símbolos, dando-lhes uma denotação especifica. Os indicadores são geralmente posicionados na porção central do quadro de referência, acima da linha do céu:

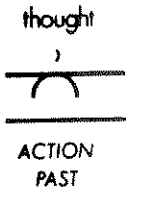
- Indicador de objeto →



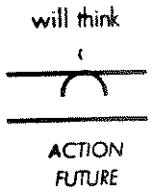
- Indicador de ação →



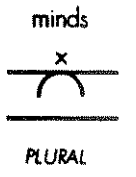
- Indicador de passado →



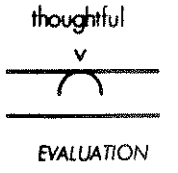
- Indicador de futuro →



- Indicador de plural →



- Indicador de avaliação (descrição) →



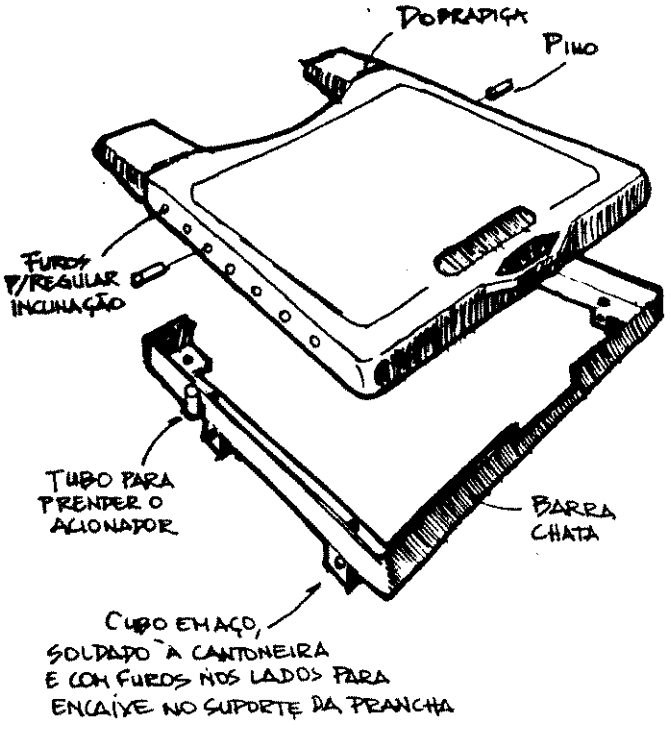
Este indicador refere-se a palavras de sentido abstrato, que só existem na mente humana. A utilização do indicador de avaliação sobre outro símbolo indica que o significado pretendido é um termo baseado no julgamento ou avaliação humana.

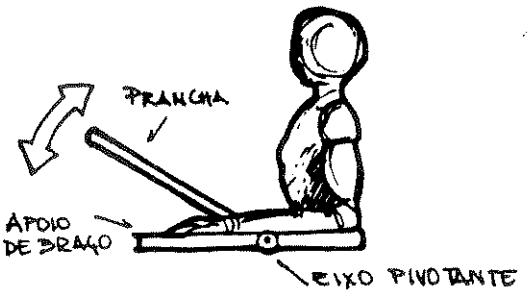
O método *BLISS* de comunicação, apesar de empregar uma lógica simples e regras fáceis de serem aprendidas, constitui um método rico em potencial de expressão e apresenta uma série de recursos e diretrizes para sua utilização, as quais não foram totalmente exploradas neste apêndice. As referências citadas neste e em capítulos anteriores, constituem informação suficiente para um estudo mais aprofundado sobre os *BLISSYMBOLICS*.

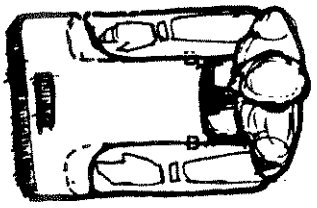
APÊNDICE C - DESENHOS MECÂNICOS

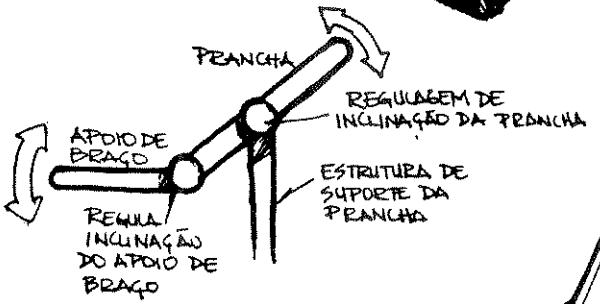
Neste Apêndice são mostrados alguns dos desenhos mecânicos das estruras utilizadas com o equipamento descrito nesta dissertação. Entre estes desenhos estão a estrutura de suporte do equipamento, projeto de dispositivos acionadores e alguns estudos realizados durante o decorrer do trabalho.

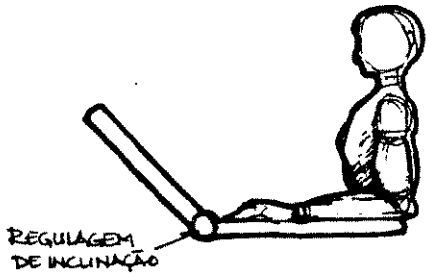
ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA A PRANCHA

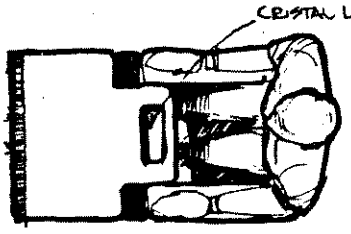


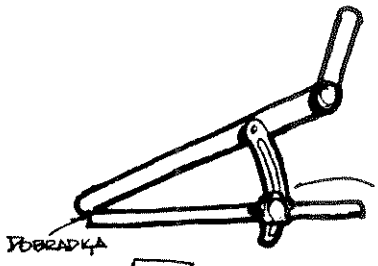


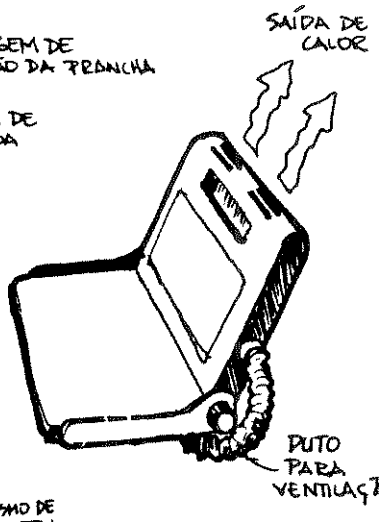


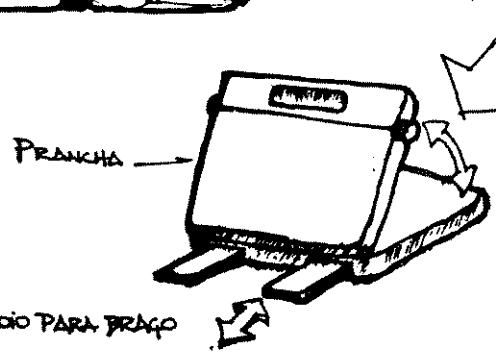


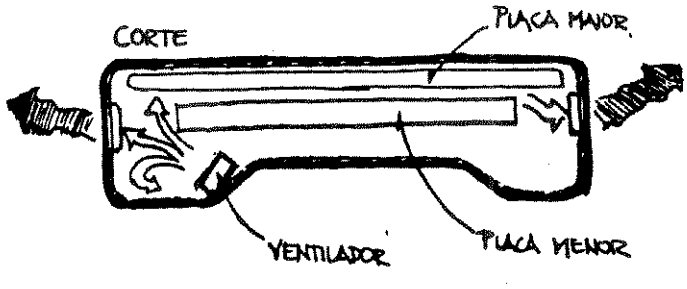




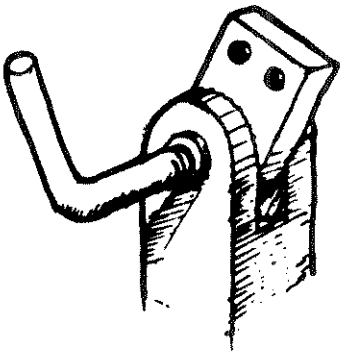


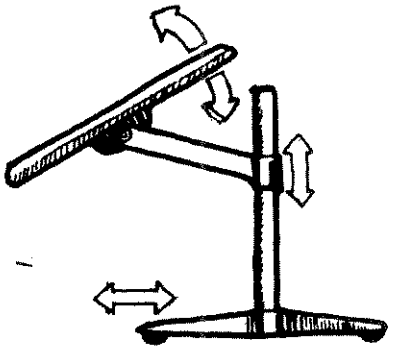


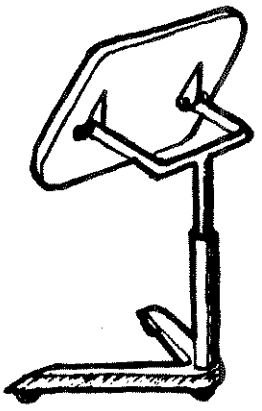


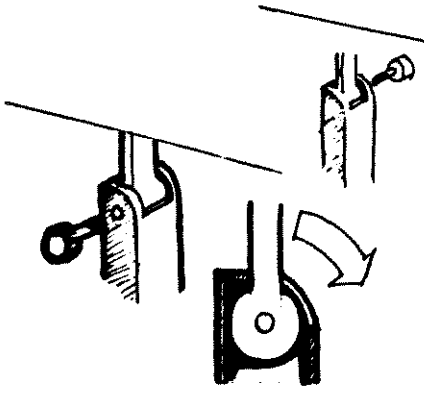


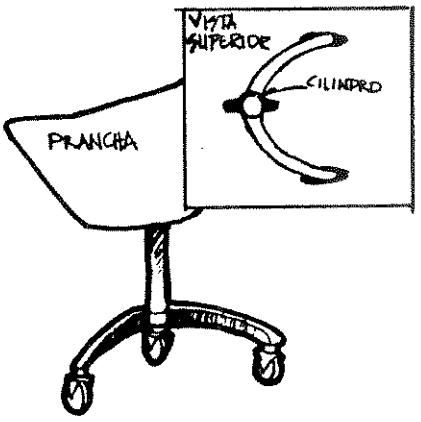
ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA O SUPORTE DA PRANCHA

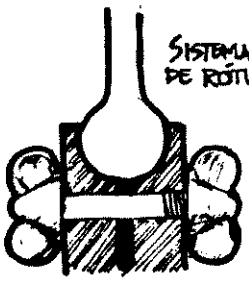


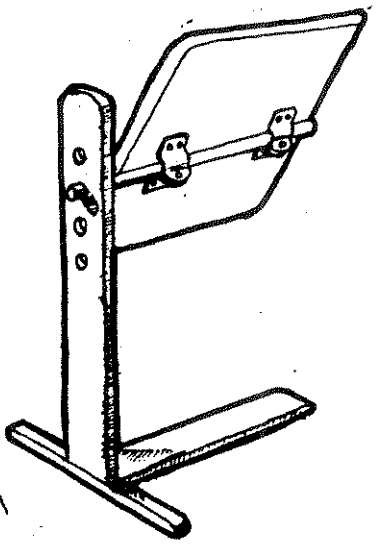


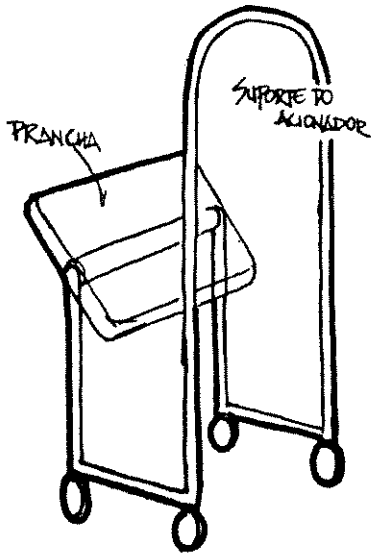


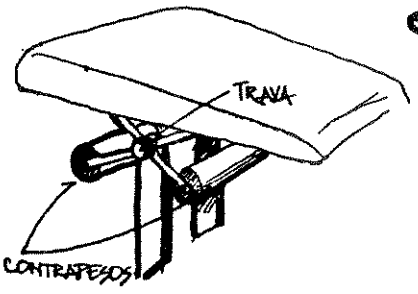


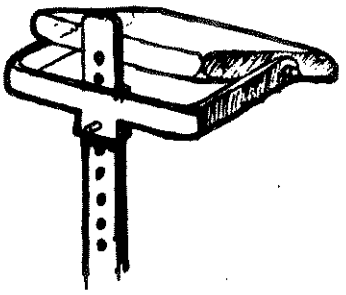


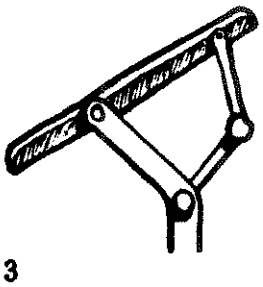




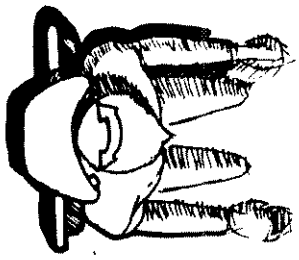




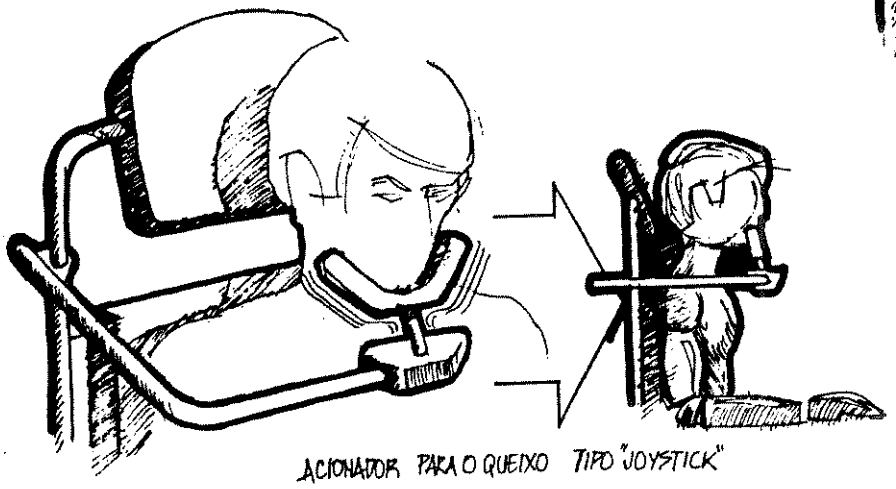




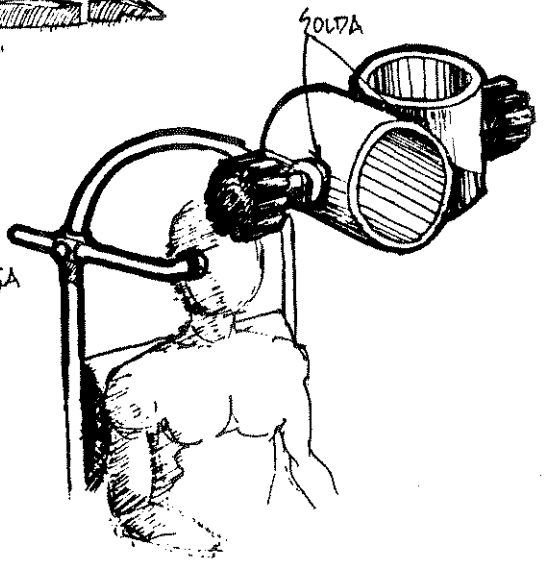
ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA O ACIONADOR



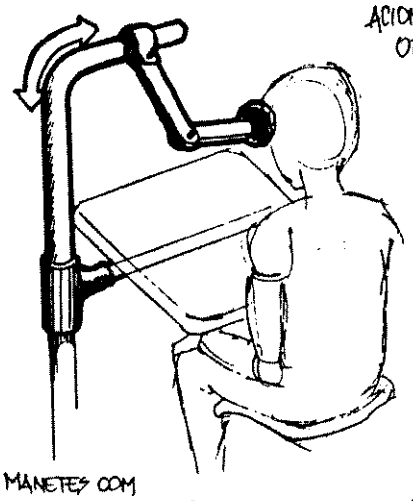
ACIONADOR PARA CABEÇA COM OPÇÃO BILATERAL

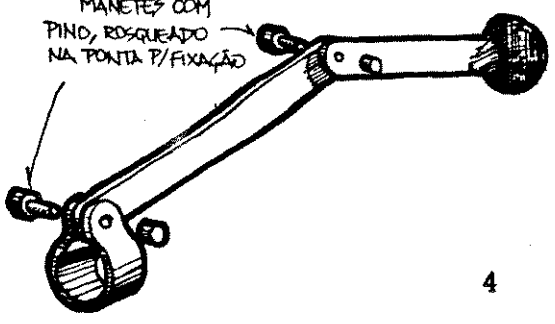


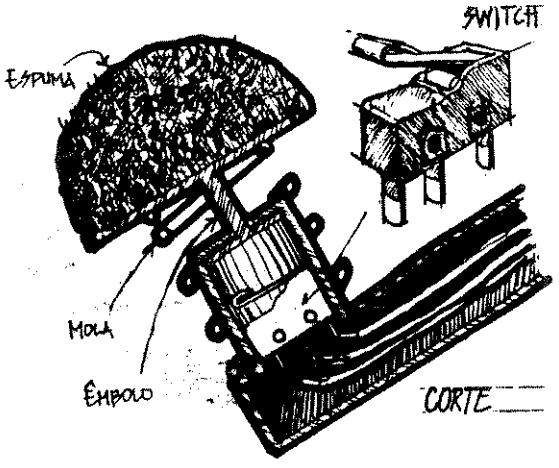
ACIONADOR PARA O QUEIXO TIPO "JOYSTICK"



ACIONADOR PARA CABEÇA OPÇÃO UNILATERAL

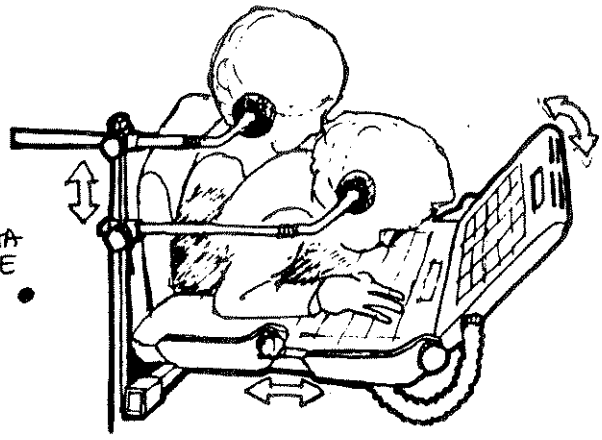


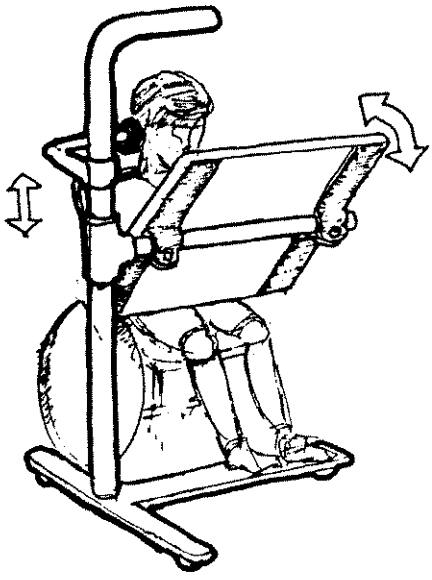




ALTERNATIVAS DE CONJUNTO

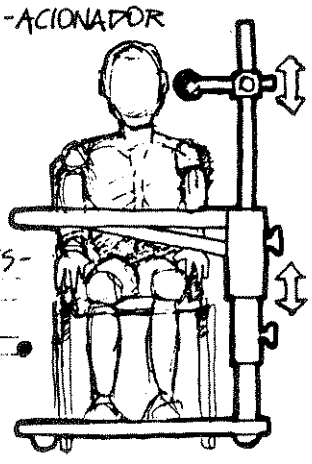
A PRÓPRIA PRANCHA SERVE DE APOIO DE BRAÇOS





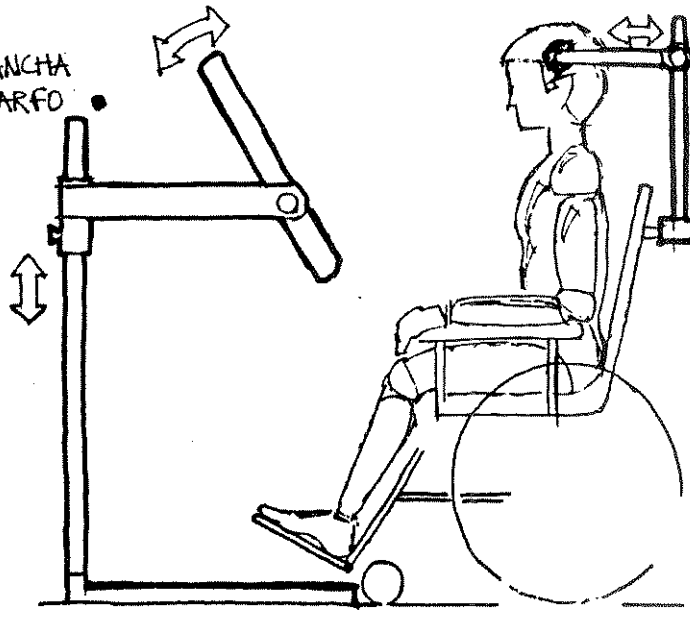
SISTEMAS INTEGRADOS
PRANCHA - ESTRUTURA - ACIONADOR

SISTEMA TELESCÓPICO PARA NIVELAMENTO DA PRANCHA



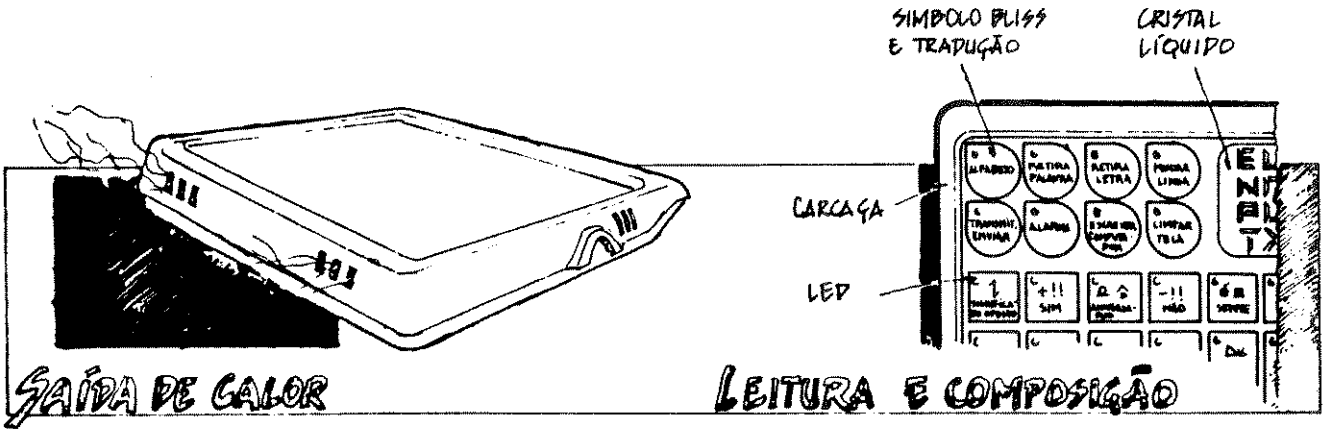
SISTEMA INDEPENDENTE

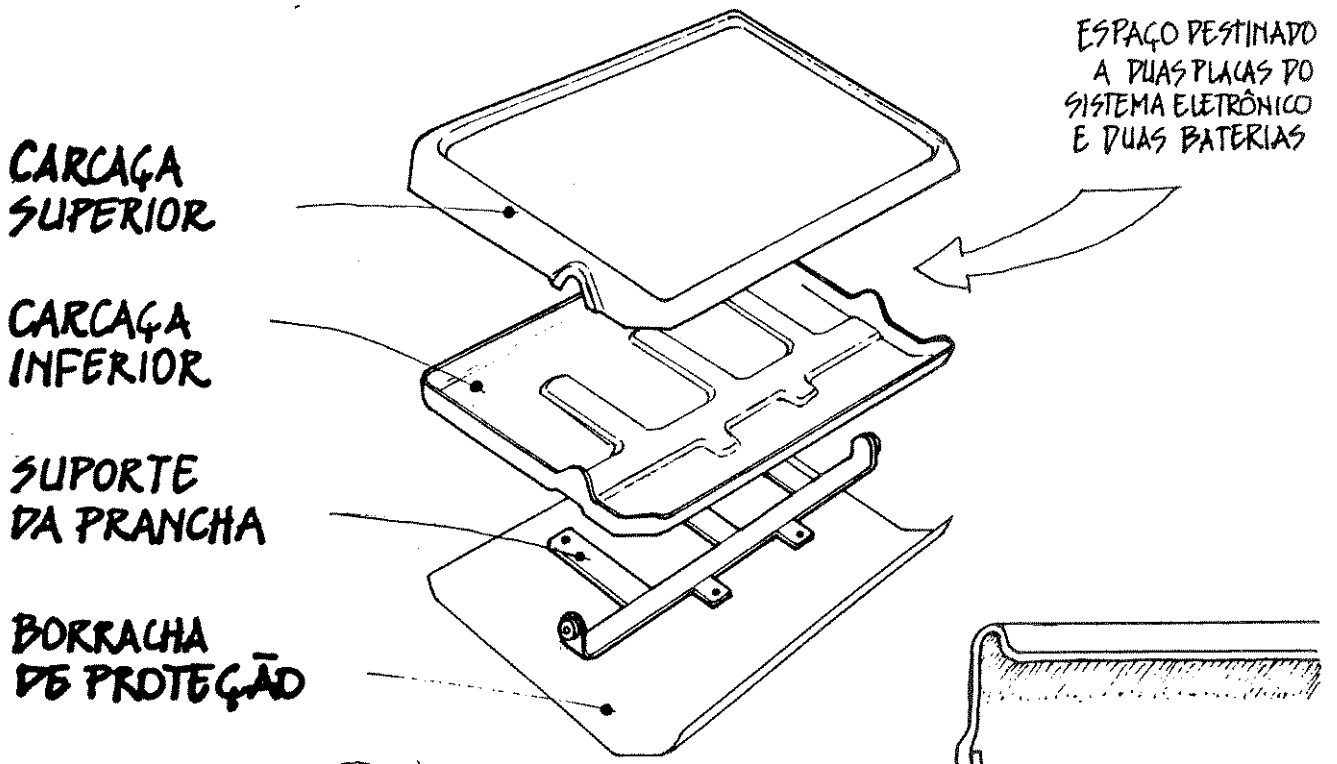
SUPORTE DA PRANCHA EM FORMA DE GARFO

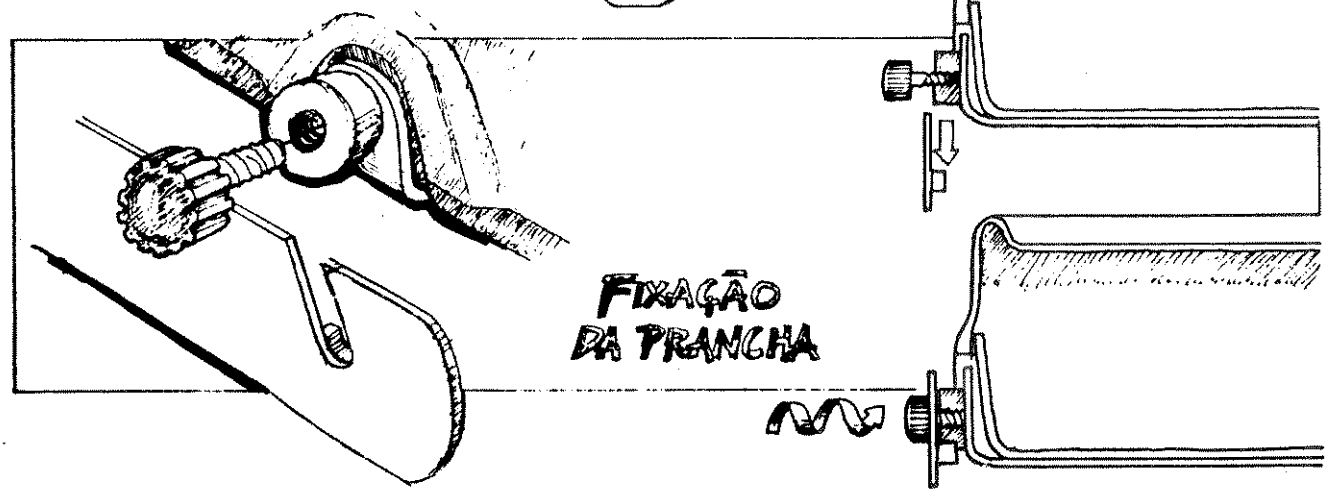


ESTRUTURA DO ACIONADOR PRESA À MANETE DA CADEIRA

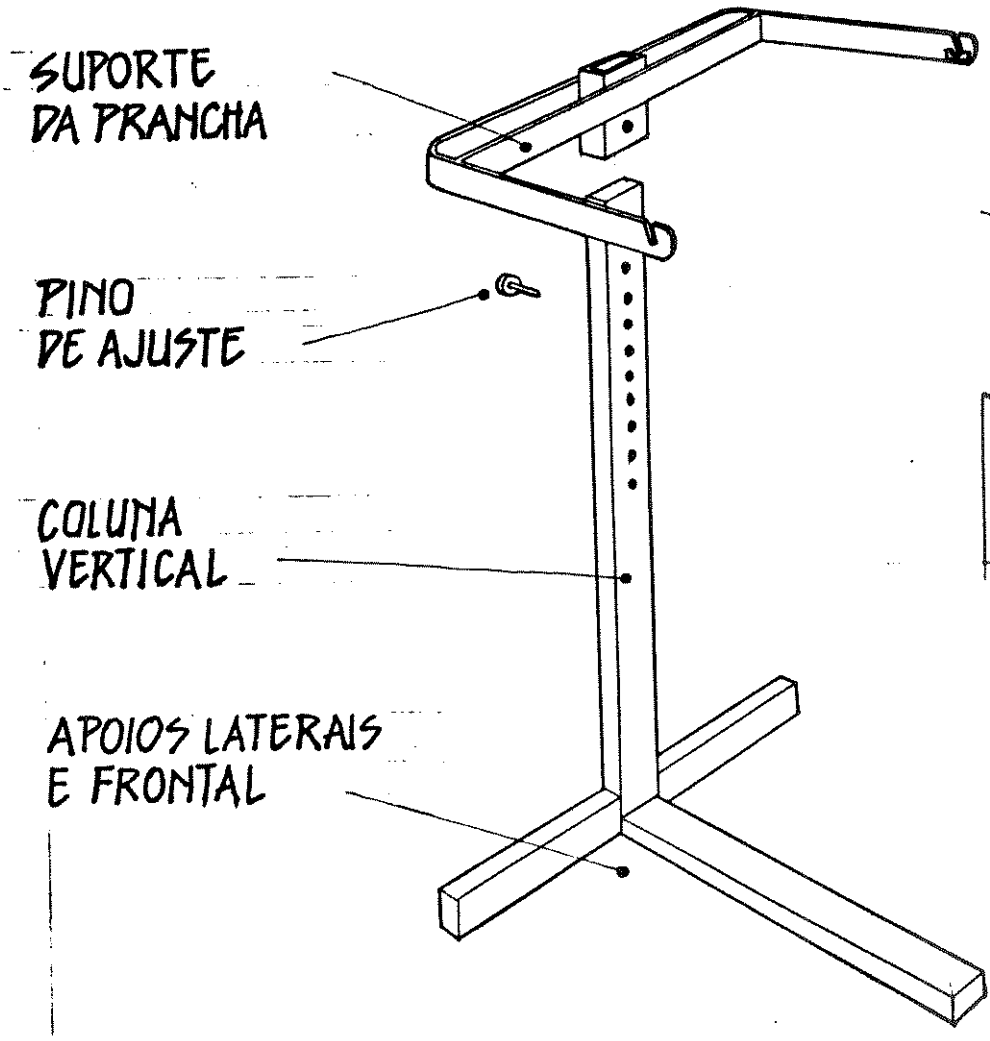
PRANCHA

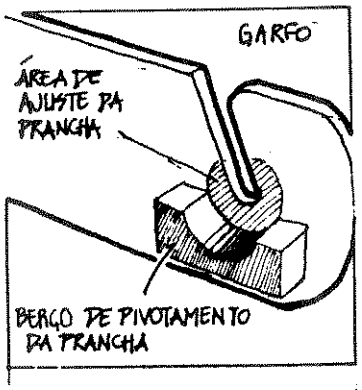

SÍMBOLO BLISS E TRADUÇÃO
CRISTAL LÍQUIDO
CARCAÇA
LED
SAÍDA DE CALOR
LEITURA E COMPOSIÇÃO

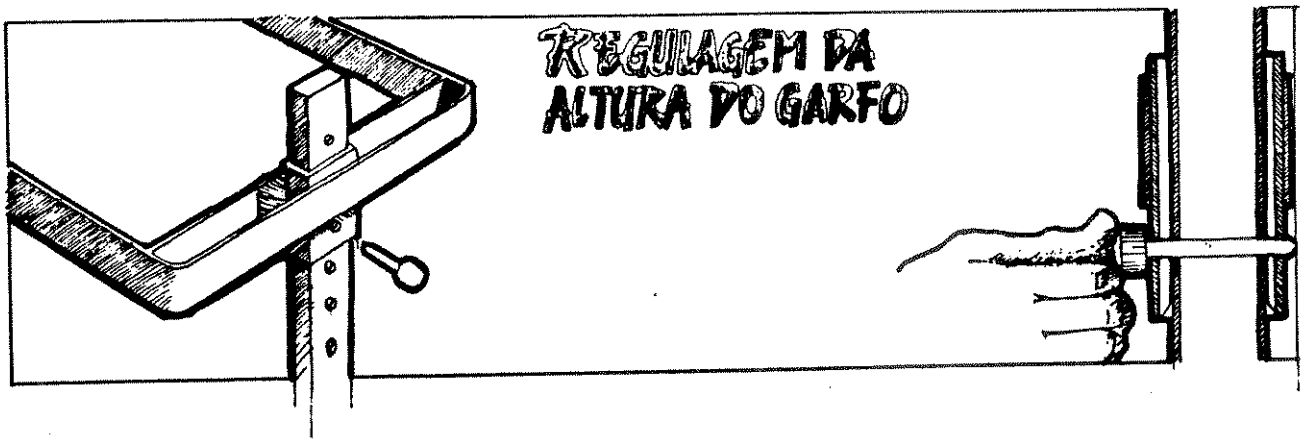

ESPAÇO DESTINADO A DUAS PLACAS DO SISTEMA ELETRÔNICO E DUAS BATERIAS
CARCAÇA SUPERIOR
CARCAÇA INFERIOR
SUPORTE DA PRANCHA
BORRACHA DE PROTEÇÃO


FIXAÇÃO DA PRANCHA

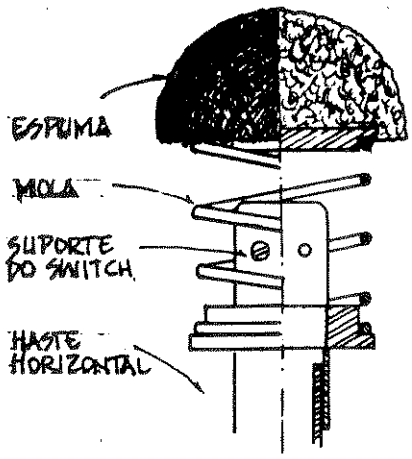
ESTRUTURA


SUPORTE DA PRANCHA
PINO DE AJUSTE
COLUNA VERTICAL
APOIOS LATERAIS E FRONTAL


GARFO
ÁREA DE AJUSTE DA PRANCHA
BERÇO DE PIVOTAMENTO DA PRANCHA


REGULAGEM DA ALTURA DO GARFO

ACIONADOR



ACIONADOR

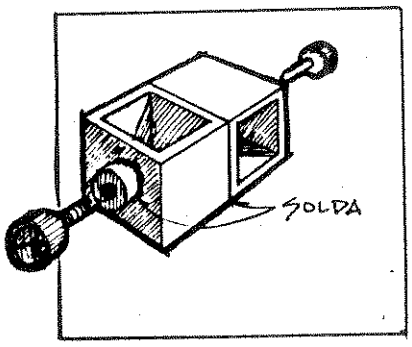
HASTE HORIZONTAL

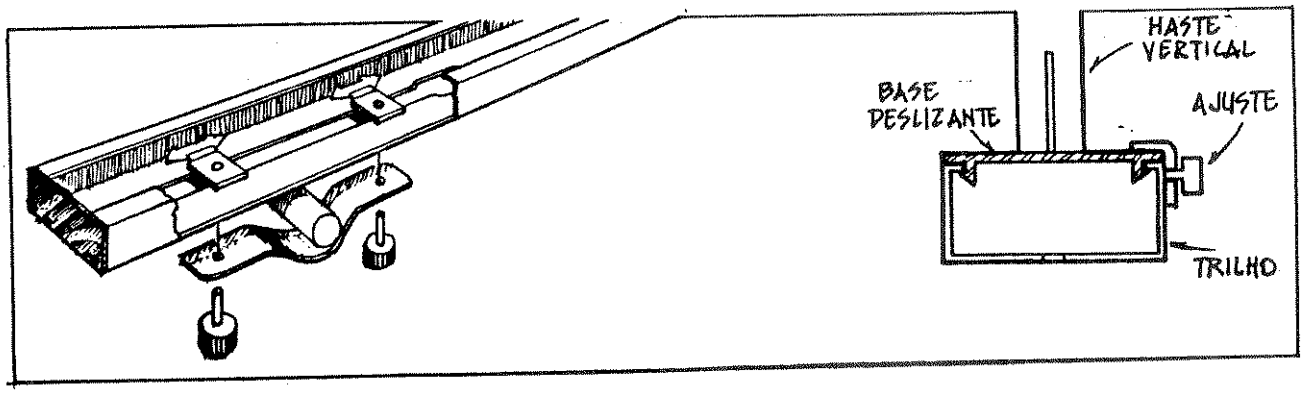
CUBOS DE AJUSTE

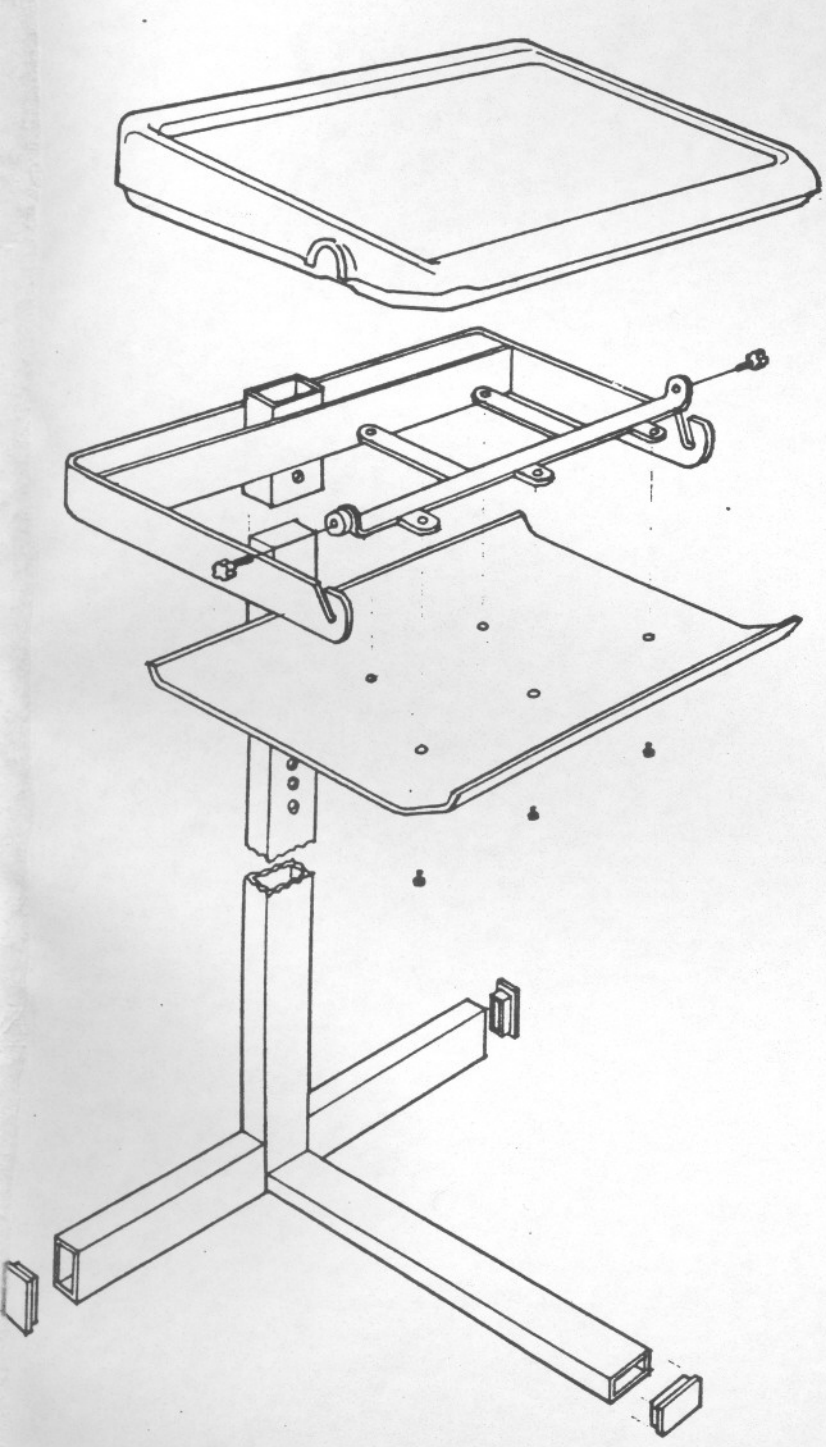
HASTE VERTICAL

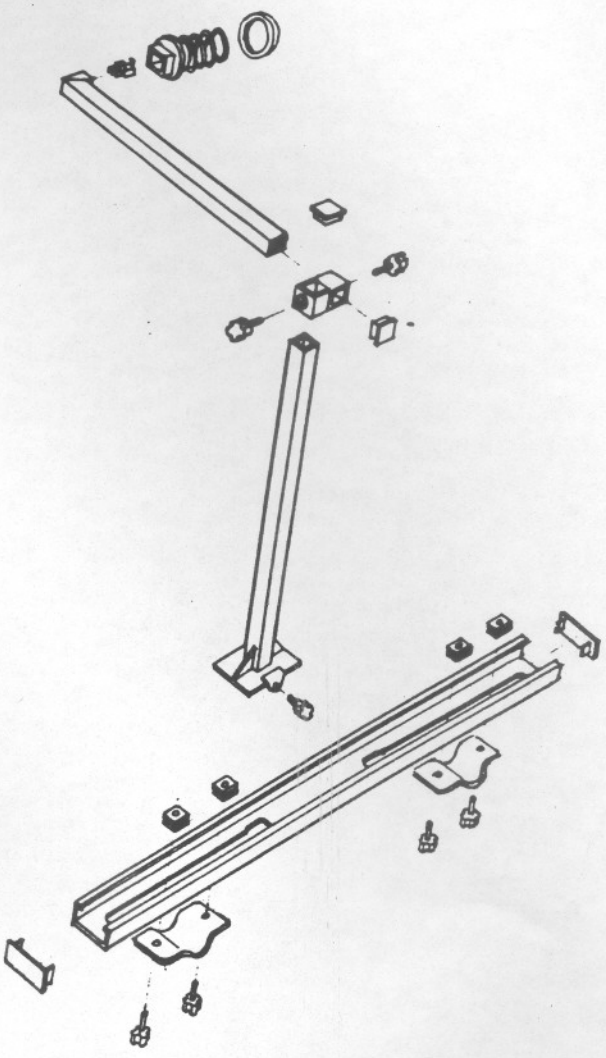
BASE DESLIZANTE

TRILHO









APÊNDICE D - PRÊMIO CEMIG / IEEE DE TECNOLOGIA

Este trabalho conquistou o Primeiro Lugar do Prêmio Cemig de Tecnologia na categoria Profissional Nível Nacional, sendo a banca examinadora composta por membros do IEEE - THE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, INC.

UNICAMP
GABINETE DO REITOR

CIDADE UNIVERSITÁRIA "ZEFERINO VAZ"

Campinas, 25 de fevereiro de 1991.

Of.SG-Nº 92/90
dv.

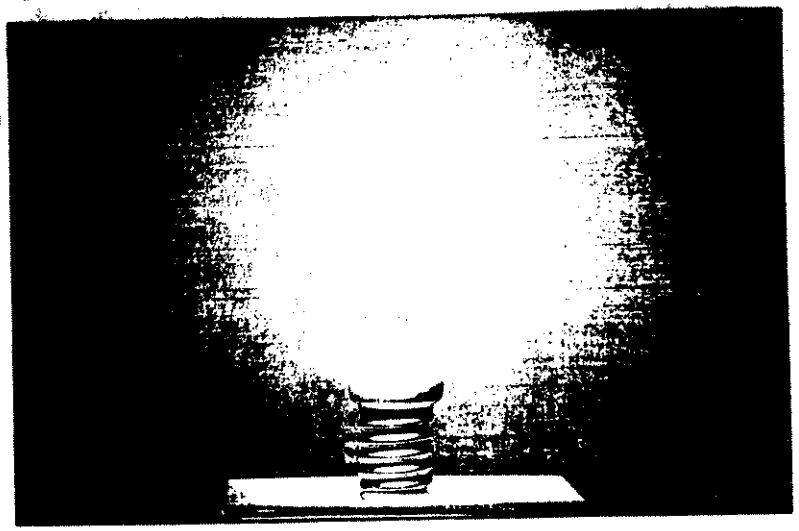
Prezado Senhor

Tenho a grata satisfação de comunicar a V.Sa. que o Conselho Universitário da Universidade Estadual de Campinas, em sua 3ª Sessão Extraordinária de 1990, realizada em 20 de dezembro p.p., aprovou fossem consignados em Ata votos de congratulações a V.Sa. pela conquista do 1º Prêmio CEMIG de TECNOLOGIA, com o seu trabalho "Sistema de Comunicações Computadorizada para Paralíticos Cerebrais", sob a orientação do Professor Doutor Saide Jorge Calil.

Na oportunidade, cumprimento V.Sa., em meu nome e no de meus ilustres pares, reiterando-lhe os meus protestos de estima e admiração.

CARLOS VOGT
Reitor

Ilmo. Sr.
JEAN ANDRÉ LAGE MICHALAROS
CENTRO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA



PRÊMIO CEMIG DE TECNOLOGIA

NÍVEL NACIONAL

A Companhia Energética de Minas Gerais e o Institute of Electrical and Electronics Engineers - Seção Rio de Janeiro declaram o Sr.(a)

Jean André Lage Michalaros

vencedor(a) emérito(a) do Prêmio Cemig de Tecnologia, Categoria Profissional.

Belo Horizonte, 11 de novembro de 1990.

CEMIG Companhia Energética de Minas Gerais

IEEE THE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, INC. SEÇÃO RIO DE JANEIRO

MINAS GERAIS GOVERNO DO ESTADO