

Trabalho de Conclusão de Curso

Engenharia de Computação

UMA INTERFACE HUMANO-MÁQUINA PARA LEITURA DE DOCUMENTOS DIGITAIS POR DEFICIENTES VISUAIS

Autor: DIEGO DE SIQUEIRA BRAGA

Orientador: FERNANDO BUARQUE DE LIMA NETO

Co-Orientador: SÉRGIO CAMPELLO DE OLIVEIRA



UNIVERSIDADE
DE PERNAMBUCO

DIEGO DE SIQUEIRA BRAGA

**UMA INTERFACE HUMANO-MÁQUINA
PARA LEITURA DE DOCUMENTOS
DIGITAIS POR DEFICIENTES VISUAIS**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do diploma de Bacharel em Engenharia da Computação pela Escola Politécnica de Pernambuco – Universidade de Pernambuco.

Recife, Junho de 2010.

A José de Siqueira Leite, meu avô e herói.

(in memoriam)

Agradecimentos

Agradeço primeiramente à minha família pelo apoio incondicional em todas as horas. Vocês são minha base e inspiração para seguir adiante.

A minha mãe, Teresa Cristina, por ser a maior responsável pela minha formação e que sempre me apoiou nas decisões que tomei na vida, me auxiliando em tudo quanto foi preciso. Sem seu esforço nada teria acontecido.

A minha irmã, Jéssica Siqueira, que sempre me incentivou e me deu forças para seguir em frente e enfrentar os problemas, por mais difíceis que parecessem.

A minha “vêa”, Terezinha Veras, pelo amor e apoio incondicional em mim depositados, independente da distancia e saudade, sem os quais jamais chegaria até aqui.

Agradeço ao homem que é responsável pelo que sou hoje e que sempre me ajudou e me guiou quando tudo parecia sem sentido, meu avô e herói, Zezé Siqueira (*in memorian*), sempre presente em meus pensamentos.

Agradeço aos meus “tios” e “tias”, em especial a tio Carlinhos por todo o suporte oferecido durante minha vida.

Aos meus amigos de São José do Egito (PE) que mesmo distante acreditarem na minha conquista, especialmente Ivan Sérgio, Branco, André e Rildo.

Aos meus amigos e companheiros de graduação, meus sinceros agradecimentos.

Agradeço aos professores do DSC-UPE, em especial aos meus Orientadores Fernando Buarque e Sérgio Campello, por todo conhecimento transmitido, suporte e ensinamentos ao longo dessa jornada.

E a Aninha, minha namorada, pelo seu amor e carinho, e por diversas noites compreender a minha ausência durante a caminhada na conquista deste sonho.

Resumo

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), existem mais de 160 milhões de deficientes visuais ao redor do mundo, onde 45 milhões desses são completamente cegos. Só no Brasil o contingente de deficientes visuais é da ordem de 16,5 milhões, dos quais mais de 3 milhões com deficiência visual grave. Por causa de suas deficiências, muitos desses indivíduos têm limitados seus direitos básicos como cidadão. Por exemplo, a educação é prejudicada pela dificuldade de lhes proporcionar acesso integral a todo o material escrito disponível. O propósito desse trabalho é construir um protótipo - composto de *hardware* e *software* - que permita, no futuro, a um deficiente visual ler, em Braille, textos digitais. Foram realizadas simulações do circuito do *hardware* e do comportamento do microcontrolador utilizando a ferramenta *Proteus 7®*. Com a realização dessas simulações foi possível a previsão do comportamento do protótipo antes da sua montagem. Três protótipos foram desenvolvidos. Os dois primeiros foram montados em *ProtoBoards* e após serem validados através de testes de tradução, de comunicação e de acionamento foi montado o protótipo em placa de circuito impresso. O *software* captura o conteúdo de um documento de texto digital e converte seus caracteres para Braille. Depois dessa conversão, a informação é enviada ao *hardware* do sistema que reproduz, em uma interface tátil, os sinais Braille, tornando possível sua leitura pelos deficientes visuais.

Abstract

According to World Health Organization (WHO), there are over 160 million visually impaired people around the world, where 45 million of these are completely blind. Only in Brazil the number of visually impaired is around 16.5 million, of which more than 3 million have severe visual impairment. Because of their disabilities, many of these persons have limited their basic rights as citizens. For example, education is hampered by the difficulty of providing them with full access to all written material available. The purpose of this work is to build a prototype - composed of hardware and software - to allow, in future, a blind read Braille, digital texts. Were performed simulations of the circuit hardware and behavior of the microcontroller using the tool Proteus 7®. At the end of these simulations, the behavior could be predicted even before its building. Three prototypes were developed. The first two were mounted on ProtoBoards and after being validated by testing translation, communication and actuation the prototype was mounted on a printed circuit board. The software captures the contents of a text document and converts digital characters into Braille. After this conversion, the information is sent to the hardware of the system that reproduces in an interface tactile Braille signs and makes it possible to be read by the blind.

Sumário

Resumo	v
Abstract.....	vi
Sumário	vii
Índice de Figuras	x
Tabela de Símbolos e Siglas	xiv
Capítulo 1. Introdução.....	15
1.1 Caracterização do Problema	15
1.2 Motivação	16
1.3 Objetivos e Metas.....	16
1.4 Metodologia e Estratégia de Ação.....	17
1.4.1 Fase <i>Software</i>	17
1.4.2 Fase <i>Hardware</i>	18
1.5 Resultados Esperados	18
1.6 Apoio e Repercussão Inicial	18
1.7 Organização do Documento.....	19
Capítulo 2. Fundamentação Teórica.....	21
2.1 Aspectos Biológicos, Humanos e Sociais das Deficiências Visuais ...	21
2.1.1 A Visão	21
2.1.2 As Deficiências Visuais e os seus Aspectos Humanos e Sociais.	22
2.2 O Código Braille	24
2.2.1 Funcionamento do Código Braille	26
2.2.2 Tipos de Braille (Graus).....	27
2.2.3 Dimensão da cela Braille.....	28
2.3 Interfaces Humano-Máquina	30

2.3.1	Tecnologias Assistivas	30
2.4	Sistemas Embarcados.....	34
2.4.1	Unidade de Processamento	34
2.5	Fundamentação Física.....	36
2.5.1	Solenóides.....	37
Capítulo 3.	Desenvolvimento do <i>Software</i> Tradutor	38
3.1	O KnowTouch.....	38
3.1.1	Diagrama de Blocos	39
3.1.2	Atores	39
3.1.3	Casos de Uso.....	40
3.1.4	Arquitetura do Sistema	40
3.1.5	Subsistemas.....	41
3.2	Tradução para Braille	41
3.2.1	Tradução para o Braille de Grau 1	42
3.2.2	Grau 2 (Estenografia).....	42
3.3	Principais Funcionalidades (i.e. Métodos)	43
3.3.1	Seleção de texto.....	43
3.3.2	Conversão de Braille para o código “kt”	44
3.4	<i>Look and Fell</i>	45
3.4.1	Detalhamento da Interface	45
Capítulo 4.	Projeto do Dispositivo Físico	53
4.1	Dispositivo Físico	53
4.1.1	Arquitetura do <i>Hardware</i>	55
4.1.2	Simulações.....	56
4.1.3	Desenvolvimento do <i>Hardware</i>	57
4.2	<i>Software</i> Embarcado.....	63

4.3	Testando o KnowTouch.....	64
4.3.1	Testes de tradução com o software tradutor	64
4.3.2	Testes de comunicação.....	65
4.3.3	Testes de acionamento	65
Capítulo 5. Conclusão e Trabalhos Futuros.....		66
5.1	Considerações Finais	66
5.2	Discussão.....	67
5.3	Melhorias e Trabalhos futuros	68
5.3.1	Adição de módulo de calibração ao sistema	68
5.3.2	Adição de módulo de comunicação sonora.....	68
5.3.3	Adição de módulo de aprendizado Braille	68
5.3.4	Adicionar módulo OCR de aquisição de conteúdo.....	69
5.3.5	Testar outros mecanismos de acionamento.....	69
5.3.6	Realização de testes reais	69
5.3.7	Implementação de um produto final	69
Bibliografia		70
Apêndice 1.....		75
	Pseudocódigos das Principais Regras de Codificação Braille	75
Anexo A.....		79
	Quadro de Abreviaturas (Ordem Alfabética)	79
Anexo B.....		86
	Quadro de Estenografia	86
Anexo C.....		89
	Frases utilizadas nos testes de tradução e seus respectivos sinais em Braille.....	89

Índice de Figuras

Figura 1.	Ilustração de um processo de leitura utilizando o Sistema Braille.	24
Figura 2.	Louis Braille (1809 - 1852).....	25
Figura 3.	Código Braille para representação do alfabeto. Essa imagem foi gerada utilizando o <i>software</i> desenvolvido nessa monografia.	25
Figura 4.	Caractere Braille gerado pela combinação dos pontos 1,4 e 5 - que representa a letra “D”.	26
Figura 5.	Representação dos números em Braille.....	26
Figura 6.	Sinais exclusivos da escrita Braille.....	27
Figura 7.	Medidas da cela Braille.....	28
Figura 8.	(a) Impressora Braille <i>Basic</i> . (b) Impressora <i>Index Everest</i>	31
Figura 9.	(a) Linha Braille Seika. (b) Linha Braille SuperVario 40.....	32
Figura 10.	Exemplo de uso de um ampliador de tela.....	34
Figura 11.	(a) ENIAC, computador desenvolvido pelo exército americano que utilizava válvulas a vácuo para o seu funcionamento. (b) MacBook Air, da empresa norte-americana Apple, que utiliza um microprocessador especialmente desenhado para reduzir o seu tamanho físico.....	35
Figura 12.	Pinagem do PIC16F877A.....	36
Figura 13.	Formação do campo magnético através de um solenóide atravessado por uma corrente.	37
Figura 14.	Diagrama em blocos de todo o sistema.....	39
Figura 15.	Diagrama de casos de uso do KnowTouch.	40
Figura 16.	Arquitetura do KnowTouch.	40
Figura 17.	Funcionamento do método de seleção de texto.	44
Figura 18.	Método “braille2kt”.....	45

Figura 19.	Botão “ <i>Open Serial</i> ” para abrir a comunicação entre o <i>software</i> tradutor e o dispositivo físico.....	46
Figura 20.	Seleção da porta serial para a comunicação entre o <i>software</i> e o dispositivo físico.	47
Figura 21.	Seleção da opção de tradução Braille (Grau 1 ou Grau 2).....	48
Figura 22.	Botão “ <i>Load Book</i> ” para exibir o documento de sua escolha na interface do <i>software</i> tradutor.....	48
Figura 23.	O documento selecionado é exibido em forma de texto convencional ao lado esquerdo e no formato Braille no centro do dispositivo.	49
Figura 24.	Botão “ <i>Next</i> ” para avançar para as próximas linhas Braille.	49
Figura 25.	Avanço do texto com apresentação de linhas seguintes.....	50
Figura 26.	Botão “ <i>End</i> ” para avançar para o fim do documento.	51
Figura 27.	O texto avança até o final e suas últimas linhas são apresentadas.....	51
Figura 28.	Botão “ <i>Home</i> ” para retornar ao início do documento.....	52
Figura 29.	As linhas iniciais do documento são apresentadas ao usuário.....	52
Figura 30.	Funcionamento do modelo de acionamento e travamento dos pinos do dispositivo. (1) Estado inicial (posição antes do acionamento da bobina); (2) Bobina é acionada e eleva o pino; (3) Mecanismo de travamento é acionado; (4) Mecanismo é destravado e o pino volta à posição inicial.....	54
Figura 31.	Arquitetura do <i>Hardware</i> do KnowTouch.....	56
Figura 32.	Simulação do circuito acionador contendo 16 celas Braille.	57
Figura 33.	Primeiro circuito montado em <i>ProtoBoard</i> com um conjunto de seis <i>LEDs</i> representando uma cela Braille e quatro botões para navegação no texto (i.e “ <i>home</i> ”, “ <i>end</i> ”, “ <i>next</i> ”, “ <i>prev</i> ”).	58
Figura 34.	Segundo protótipo do KnowTouch montado em dois <i>ProtoBoards</i>	59
Figura 35.	Desenho das trilhas da placa de circuito impresso do KnowTouch (circuito eletrônico para 32 celas Braille).....	59
Figura 36.	Protótipo do KnowTouch montado em placa de circuito impresso.	60

Figura 37. Gravador para microcontroladores PIC.	60
Figura 38. Desenho esquemático da cela Braille do KnowTouch.....	61
Figura 39. Resumo do processo de fabricação de uma cela Braille. (1) Materiais utilizados; (2) Cargas de canetas esferográficas; (3) Remoção da tinta das cargas de canetas com acetona; (4) Cargas de canetas sem tinta; (5) Cargas cortadas em tubos de 2 cm de comprimento; (6) Fixação dos tubos em um suporte auxiliar; (7) Fio de cobre enrolado por volta de cada tubo, aproximadamente 200 voltas; (8) Remoção das bobinas do suporte auxiliar; (9) Cela Braille montada.	62
Figura 40. Terminais do CI MAX232 (serial RS232).....	64
Figura 41. Cela Braille, com o pino “4” acionado, correspondente ao sinal Braille estenográfico “ar” (vide Anexo B).....	65

Índice de Tabelas

Tabela 1.	Classificação da Perda da visão (OMS).....	23
Tabela 2.	Padrões para construção de celas Braille e suas medidas em milímetros.....	29
Tabela 3.	Descrição dos atores do KnowTouch.....	39

Tabela de Símbolos e Siglas

(Dispostos em ordem alfabética)

- **CI** – Circuito Integrado
- **DV** - Deficiente Visual
- **EUA** - Estados Unidos da América
- **HCI** - *Human-Computer Interface/Interaction*
- **IHM** - Interface Humano-Máquina
- **KT** - KnowTouch
- **LED** – *Light Emission Diode*
- **NCE** - Núcleo de Computação Eletrônica
- **OCR** – *Optical Character Recognition*
- **OMS** - Organização Mundial de Saúde
- **SE** – Sistema Embarcado
- **SO** – Sistema Operacional
- **TA** – Tecnologia Assistiva
- **TCC** – Trabalho de Conclusão de Curso
- **UFRJ** – Universidade Federal do Rio de Janeiro
- **USB** – *Universal Serial Bus*

Capítulo 1. Introdução

1.1 Caracterização do Problema

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), existem mais de 160 milhões de deficientes visuais ao redor do mundo, onde 45 milhões desses são completamente cegos [1]. Só no Brasil o contingente de deficientes visuais é da ordem de 16,5 milhões, dos quais mais de 3 milhões com deficiência visual grave, que tem por definição a redução ou total perda da capacidade de enxergar mesmo após correção óptica [1]. Por causa de suas deficiências, muitos desses indivíduos têm limitados seus direitos básicos como cidadão. Por exemplo, a educação é prejudicada pela dificuldade de lhes proporcionar acesso integral a todo o material escrito disponível. Esse problema se acentua ainda mais no panorama da era digital, pois são necessárias técnicas especiais e profissionais capacitados para promover uma educação adequada, a qual nem todos os deficientes têm acesso.

Tais fatores afetam tanto os deficientes visuais, quanto suas famílias e a sociedade a sua volta, visto que, devido à privação de um direito tão básico quanto a leitura, eles se tornam muito dependentes das pessoas próximas para ter acesso à educação, informação e capacitação profissional.

O impacto das observações factuais acima se reverte na dificuldade de inserção dos deficientes visuais em boas colocações no mercado de trabalho e até mesmo em marginalização e exclusão social decorrentes de um possível afastamento dos entes mais próximos. Segundo VANDERHEIDEN [2], 30% dos portadores de deficiência e economicamente ativos estão desempregados. Isso a despeito de seus desejos de inclusão no mercado de trabalho.

O Sistema Braille é um meio de comunicação utilizado universalmente na escrita e leitura por pessoas cegas. Foi inventado na França por um jovem cego chamado Louis Braille, reconhecendo-se o ano de 1825 como o marco dessa importante conquista para a educação dos deficientes visuais e sua integração na sociedade [3]. É constituído por 63 sinais obtidos pela combinação de seis pontos (em relevo) que se agrupam em duas filas verticais

e justapostas de três pontos cada [4]. Além dos algarismos e letras, existem sinais específicos do Sistema Braille que não possuem representação no sistema comum de escrita e funcionam, geralmente, como prefixos de outros símbolos [5]. Exemplos: prefixo numérico e de letra maiúscula, sinais de índices superiores (expoente) e inferiores entre outros. O espaço ocupado pelos seis pontos forma o que se convencionou chamar *cela Braille*. A cela Braille não excede o campo tátil e pode ser identificada com rapidez, pois, pela sua forma, adapta-se exatamente à polpa do dedo. Através desse Sistema, os deficientes visuais têm recursos para formar conceitos sobre ortografia e disposições gráficas como sentenças, parágrafos, pontuação dentre outros.

1.2 Motivação

Apenas 2% dos deficientes visuais têm domínio do Braille [6], que apesar de ser um sistema já consagrado possui altos custos de tradução e impressão. A utilização de sistemas de leitura de telas de computador, como o DOSVOX [7] e o Virtual Vision [8], apesar de ser paliativa, diminui a percepção sonora do ambiente, o que para os deficientes visuais é bastante prejudicial. Além desses fatores, PITT e EDWARDS [9] demonstraram que interfaces baseadas na audição são mais lentas e demandam um maior esforço mental do usuário do que as que utilizam o toque ou a visão.

1.3 Objetivos e Metas

O trabalho proposto pretende criar de um *software* que captura o conteúdo de um documento de texto digital e converte os caracteres UNICODE (padrão que permite aos computadores representar e manipular, de forma consistente, texto de qualquer sistema de escrita existente) em caracteres Braille. Depois dessa transformação, a informação é enviada a um dispositivo por uma conexão serial. O dispositivo, que receberá essas informações, será uma mesa com pinos móveis mecanizados que, de acordo com a informação recebida, se agrupará da maneira adequada em tempo real, “imprimindo” o texto selecionado em Braille e tornando possível sua leitura pelos deficientes visuais.

Dessa forma, qualquer documento digital poderá ser lido pelo usuário a qualquer momento com o simples pressionar de um botão.

Especificamente este trabalho contempla o desenvolvimento do *software* responsável pela conversão de um documento de texto digital para o formato Braille brasileiro, bem como atuar na construção do *hardware* que irá se comunicar com a aplicação servidora e que ativará um dispositivo de pinos necessários para surgimento dos caracteres Braille.

1.4 Metodologia e Estratégia de Ação

Para a concepção do projeto o dividimos em duas partes: fase *Software* e fase *Hardware*. Ambas as fases estão brevemente comentadas a seguir.

1.4.1 Fase *Software*

O desenvolvimento de um *software* capaz de realizar a conversão de um documento de texto digital para o formato Braille brasileiro é a primeira fase deste projeto. O *software* traduz o conteúdo do texto para um formato que o dispositivo físico compreenda, a esse formato demos o nome de “kt”, que é a abreviação de “KnowTouch”, acrônimo deste projeto.

O formato “kt” é a codificação do texto para o formato de caracteres Braille. Com ele é possível uma maior autonomia do protótipo proposto, pois o arquivo “kt” poderá ser armazenado diretamente no dispositivo não havendo necessidade, nessa etapa, de estar conectado a um computador contendo o *software* tradutor.

Para o desenvolvimento foi utilizado o *Microsoft Visual Studio 2008 (Version 9.0.21022.8 RTM)*, *Microsoft .NET Framework (Version 3.5 SP1)*. O sistema é compatível com as plataformas *Microsoft Windows 2000 / XP / Vista / 7*.

Definiu-se que esse *software* possa ser facilmente reescrito em outras linguagens de programação, para que seja possível a sua utilização em outros sistemas operacionais, como o LINUX, por exemplo.

1.4.2 Fase *Hardware*

A outra etapa deste projeto é a construção do *Hardware* que se comunica com a aplicação servidora e que ativa os pinos necessários para surgimento dos caracteres Braille. O KnowTouch (KT) é formado por um conjunto de células dispostas de forma matricial (2 linhas, 16 colunas). Cada célula representa uma cela Braille e é composta por uma matriz de pinos (3 linhas, 2 colunas). O KT apresenta uma superfície plana, na ausência da comunicação de dados, e “imprime” em alto relevo (i.e. Braille) o texto selecionado, de acordo com a informação recebida.

Para a simulação do circuito do *hardware* e do comportamento do microcontrolador foi utilizado o *Proteus*[®]. Com a utilização desse recurso foi possível a previsão do comportamento do protótipo antes da sua montagem.

1.5 Resultados Esperados

Esta monografia terá como impacto principal a criação de um protótipo - composto de *hardware* e *software* - que permitirá a um deficiente visual ler em Braille textos digitais. Espera-se que esse protótipo traga uma maior independência ao deficiente visual, contribuindo para uma melhora em sua qualidade de vida.

O protótipo pode vir a ser objeto de patente e comercialização no futuro.

1.6 Apoio e Repercussão Inicial

Inicialmente, esse projeto teve apoio da FACEPE sob o Processo APS-0158-1.03/08 (Edital PAPPE - Subvenção) e está intitulado como "KnowTouch - Sistema de Aprendizado e Leitura em Braille". O projeto KnowTouch - idealizado por Diogo Burgos, Murilo Pontes, Raquel Almeida e Thiago Teixeira - foi campeão da etapa nacional da Imagine Cup (Copa do Mundo da Computação promovida pela *Microsoft*) em 2007 e representou o Brasil no mundial da Coréia, no mesmo ano. Além disso, foi o único projeto da América Latina convidado a se apresentar para Bill Gates, fundador da *Microsoft*, em Redmond, EUA, em junho de 2007 e a participar do *Microsoft Innovation*

Accelerator Brasil. Por causa do sucesso em competições tecnológicas o KnowTouch teve alta repercussão na mídia escrita (matérias no Jornal do Comercio, Estado de São Paulo, entre outros, e nos principais portais de conteúdo do país como Terra e Globo.com) e mídia televisiva nacional (SBT e Record) e internacional (MTV Latin America e CNN).

Neste trabalho será estendido o projeto original, que não incorporava as regras do padrão Braille brasileiro, com o desenvolvimento do *software* tradutor responsável pela conversão de um documento de texto digital para esse padrão Braille. Bem como será construído o *Hardware* que se comunica com a aplicação e que é responsável por ativar os pinos necessários para surgimento dos caracteres Braille. O dispositivo físico do KnowTouch será desenvolvido em parceria com Thiago Seixas (graduando em Eng. Mecatrônica na Escola Politécnica de Pernambuco/UPE) e Saulo Barreto (graduando em Eng. Elétrica Eletrônica na Escola Politécnica de Pernambuco/UPE).

1.7 Organização do Documento

Capítulo 2: Fundamentação Teórica

Reúne os principais conceitos necessários para a compreensão do trabalho proposto. Para tal, o texto apresenta os aspectos biológicos, humanos e sociais das deficiências visuais; O conceito de Interfaces Humano-Máquina, bem como os trabalhos relacionados com esta monografia. Define e apresenta como funciona o Sistema Braille. Faz uma breve revisão sobre Sistemas Embarcados, microprocessadores e microcontroladores e por fim, apresenta os fundamentos físicos que sustentam a construção do dispositivo.

Capítulo 3: Desenvolvimento do *Software* Tradutor

Nesse capítulo é apresentado o software desenvolvido. Nele são descritas as suas funcionalidades, apresentadas sua arquitetura e diagrama de blocos. Ainda nesse capítulo é explicado como é feita a tradução para Braille e apresentado o detalhamento da interface, bem como a tecnologia utilizada para seu desenvolvimento.

Capítulo 4: Projeto do Dispositivo Físico

No capítulo quatro é apresentado o dispositivo físico desenvolvido. No texto são descritas as suas funcionalidades, apresentadas as simulações realizadas, o seu desenvolvimento e o do software embarcado. Por fim, são apresentados os resultados dos testes do dispositivo.

Capítulo 5: Conclusão e Trabalhos Futuros

No último capítulo, são listadas as considerações finais, discussão e listados os possíveis trabalhos futuros.

Capítulo 2. Fundamentação Teórica

Nesse capítulo serão apresentados os principais conceitos necessários para a compreensão dessa monografia.

2.1 Aspectos Biológicos, Humanos e Sociais das Deficiências Visuais

Nessa seção serão apresentados aspectos biológicos, humanos e sociais das Deficiências Visuais. Essa seção foi dividida em duas subseções: Na subseção 2.1.1 serão apresentadas informações relativas à visão e a importância desse sentido para o ser humano e na subseção 2.1.2 serão apresentados os aspectos humanos e sociais das deficiências visuais.

2.1.1 A Visão

De maneira geral, a visão pode ser considerada como o sentido mais importante da espécie humana, pois é responsável pela captação de estímulos e projeções espaciais, facilitando dessa forma o relacionamento do indivíduo no seu meio social. Através da visão uma pessoa pode conhecer lugares, identificar objetos, distinguir cores, tamanhos e formas, comunicar-se com outra, enfim, permite ao indivíduo apropriar-se do mundo no que diz respeito à capacidade perceptiva do seu órgão próprio, o olho.

Aproximadamente metade da área física do cérebro é dedicada à visão e praticamente 70% da sua capacidade de processar informações sensoriais é utilizada para tratar os estímulos visuais [10].

Segundo estudos recentes, os homens tendem a dar maior atenção a estímulos visuais [11]. SHORE, SPENCE e KLEIN [12] provaram, em seu trabalho, que na ocorrência de um conflito entre as informações obtidas através da visão e as oriundas de outros sentidos, a percepção geral é determinada pela visão.

2.1.2 As Deficiências Visuais e os seus Aspectos Humanos e Sociais

A deficiência visual é uma limitação sensorial que pode atingir diversos níveis, sendo capaz de anular a capacidade de ver. O notável domínio da visão sobre os demais sentidos torna bastante complicado. Para o deficiente visual (DV), a execução de tarefas simples do cotidiano, acarretando limitações ou impedimentos na interação social. A aquisição de conceitos, o acesso direto à palavra escrita, a orientação e mobilidade independente são exemplos de atividades que possuem um grau acentuado de dificuldade para o portador de deficiência visual.

“A cegueira total ou simplesmente AMAUROSE, pressupõe completa perda de visão. A visão é nula, isto é, nem a percepção luminosa está presente” [13]; “Visão subnormal é uma perda significativa da visão que não pode ser corrigida por tratamento clínico ou cirúrgico nem por óculos convencionais. O portador de visão subnormal, dependendo da patologia, apresenta comprometimentos relacionados à diminuição da acuidade visual e/ou campo visual, à adaptação à luz e ao escuro e à percepção de cores” [14]. Entende-se por acuidade visual “uma medida da capacidade de distinguir claramente os mínimos detalhes” [15] e, por campo visual, “a área do espaço físico visível quando o corpo, a cabeça e os olhos estão numa posição estacionária, frente ao estímulo observado” [15].

Devido a sua abrangência e complexidade existem diversas definições e classificações da deficiência visual, discutidas em vários países. Para melhor esclarecimento, foi destacado, nesta monografia, o enfoque da Organização Mundial de Saúde [1].

No ano de 1981, em Genebra, o Grupo Consultivo do Programa da OMS, em reunião sobre a prevenção da cegueira, salientou a importância de uma definição de deficiência visual que satisfizesse as necessidades atuais e que fosse adotada em todo o mundo. Assim, foi adotada a classificação da perda de visão que é apresentada na Tabela 1.

Segundo a Tabela 1, a deficiência visual pode ser evidenciada pela baixa acuidade visual ou campo visual restrito. Essa classificação impulsionou os estudos sobre a visão subnormal, principalmente na área médica, quando

os oftalmologistas passaram a se preocupar com a visão funcional dos pacientes e sua influência na educação dos DVs.

A condição física e a necessidade de técnicas especiais e profissionais capacitados para promover uma educação completa aos DVs dificultam, quando não impedem, o exercício básico de seus direitos como cidadãos. O acesso à tecnologia, por exemplo, é uma das dificuldades dos DVs. Uma das causas disso é o não interesse econômico, por parte da indústria principalmente, no projeto de bens cujo público alvo seja os deficientes (visuais, motores e/ou auditivos, por exemplo). O argumento principal utilizado é que os custos em projetos desse tipo são muito elevados e que os benefícios atingem um mercado muito restrito [16].

Tabela 1. Classificação da Perda da visão (OMS)
(Escala Optométrica Decimal de Snellen).

Grau de Perda de Visão	Acuidade Visual (com ambos os olhos e melhor correção óptica possível)	
	Máxima menor que (metros)	Mínima igual ou maior que (metros)
1 - Visão subnormal	6/18 *	6/60
	3/10	1/10
	6/60	3/60
	1/10	1/20
	20/200	20/400
2 - Cegueira	1/60	Não percebe luz
	5/300	
3 - Indeterminada ou não especificada		

* A fração 6/18 metros significa que o indivíduo vê a seis metros o que normalmente se veria a 18 metros e assim sucessivamente conforme listado na tabela.

Felizmente, nos últimos anos, esse cenário vem sendo modificado gradativamente. Os governos e a sociedade como um todo começaram a compreender a importância da inclusão, principalmente por parte dos indivíduos que apresentam algum tipo de deficiência. Com uma frequência cada vez maior, são criadas leis para amparar os deficientes, com o objetivo de garantir o pleno exercício de seus direitos como cidadãos.

No caso do Brasil especificamente, existe o Decreto No. 5.296 de 02/12/2004, que consolidou as Leis Federais Nos. 10.048 e 10.098 que tratam da acessibilidade da pessoa portadora de deficiência e da pessoa com mobilidade reduzida [17] [18] [19]. Merece destaque também a chamada “Seção 508”, uma emenda, do ano de 1998, à constituição dos Estados Unidos da América (EUA) que obriga todos os órgãos do governo a tornarem acessíveis a pessoas com deficiência suas informações e recursos eletrônicos [20].

2.2 O Código Braille

O Sistema Braille é um meio de comunicação utilizado universalmente na escrita e leitura por pessoas cegas. A Figura 1 mostra uma ilustração de um processo de leitura utilizando o Sistema Braille.



Figura 1. Ilustração de um processo de leitura utilizando o Sistema Braille.

O Sistema Braille foi inventado na França por um jovem cego chamado Louis Braille, apresentado na Figura 2, reconhecendo-se o ano de 1825 como o marco dessa importante conquista para a educação dos deficientes visuais e sua integração na sociedade [3]. Através desse Sistema, os deficientes visuais têm recursos para formar conceitos sobre ortografia e disposições gráficas como sentenças, parágrafos, pontuação, etc.



Figura 2. Louis Braille (1809 - 1852).

O Sistema Braille é constituído por 63 sinais obtidos pela combinação de seis pontos (em relevo) que se agrupam em duas filas verticais e justapostas de três pontos cada [4]. O alfabeto Braille pode ser visto na Figura 3, onde cada conjunto de círculos negros (alto relevo) representa um caractere.

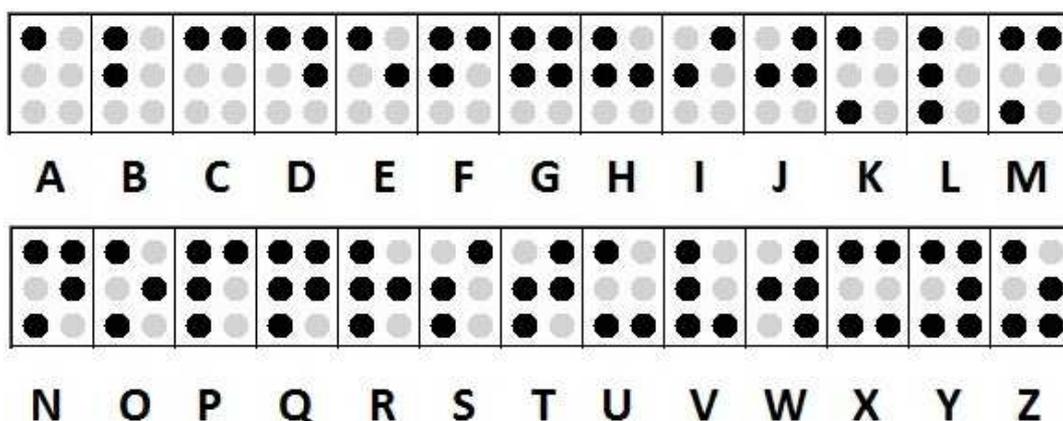


Figura 3. Código Braille para representação do alfabeto. Essa imagem foi gerada utilizando o *software* desenvolvido nessa monografia.

2.2.1 Funcionamento do Código Braille

Na cela Braille os pontos são numerados de 1 a 6 e o Código Braille resulta da combinação deles. Ela não excede o campo tátil e pode ser identificada com rapidez, pois, pela sua forma, adapta-se exatamente à polpa do dedo. A Figura 4 apresenta uma das diversas combinações para a formação dos caracteres Braille.

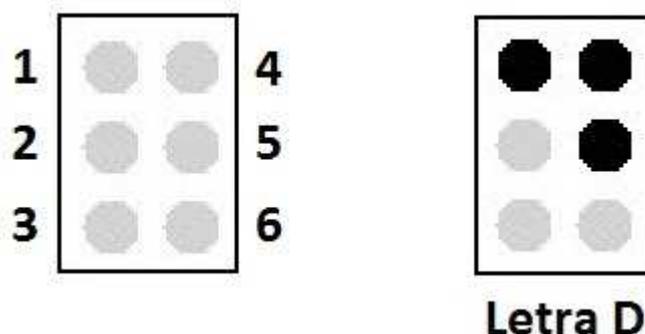


Figura 4. Caractere Braille gerado pela combinação dos pontos 1,4 e 5 - que representa a letra “D”.

Existem caracteres Braille que utilizam mais de uma cela para compor um único caractere. Por exemplo, os números são formados pela introdução de um sinal especial (pontos 3, 4, 5 e 6) e as letras de “a” a “j”. A Figura 5 mostra como é feita a codificação dos números em caracteres Braille.

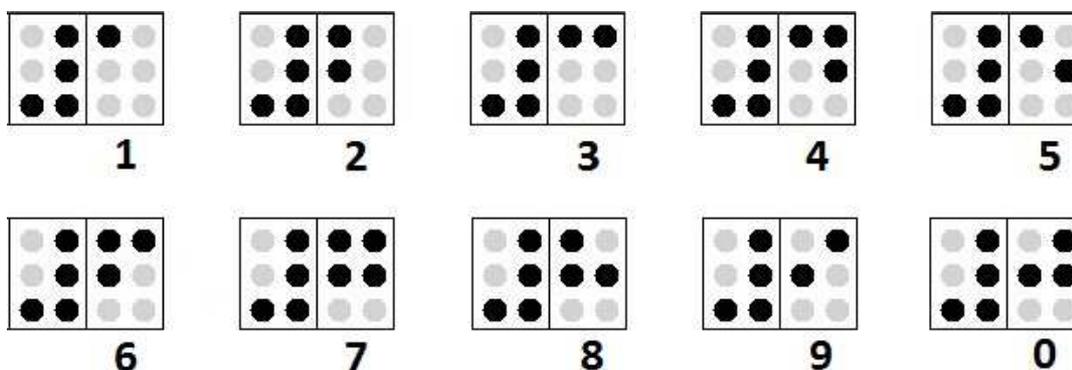


Figura 5. Representação dos números em Braille.

Além dos algarismos e das letras, existem sinais específicos do Sistema Braille que não possuem representação no sistema comum de escrita e

funcionam, geralmente, como prefixos de outros símbolos [5]. Exemplos: prefixo numérico e de letra maiúscula, sinais de índices superiores (expoente) e inferiores, translineação (mudança, na escrita, de uma linha para outra), transpaginação (mudança, na escrita, de uma página para outra) e outros. A Figura 6 apresenta os sinais exclusivos da escrita Braille.



Figura 6. Sinais exclusivos da escrita Braille.

2.2.2 Tipos de Braille (Graus)

O Sistema Braille é subdividido em três graus:

- Grau 1: É a representação por extenso (escrevendo-se a palavra, letra por letra), isto é, aquela em que todos os sinais têm exatamente os mesmos valores atribuídos no Alfabeto Braille.
- Grau 2: Também chamado de Braille Abreviado ou Estenografado, é a representação em que certos sinais Braille adquirem determinados valores abreviativos, segundo critérios e normas estabelecidos. É empregado para representar as conjunções, preposições, pronomes, prefixos, sufixos, grupos de letras que são comumente encontrados nas palavras de uso corrente. A principal razão de seu emprego é reduzir o volume dos livros em Braille e permitir o maior rendimento na leitura e na escrita.

- Grau 3: É usualmente utilizado em anotações científicas ou em outras matérias muito técnicas. No grau três há várias contrações e abreviaturas a memorizar, e as regras que governam o seu uso são correspondentemente difíceis. Visto que bem poucos cegos conseguem ler este grau de Braille, não é usado com frequência.

O *software* tradutor, desenvolvido nessa monografia, implementa o Braille de grau 1 e o de grau 2.

2.2.3 Dimensão da cela Braille

As dimensões de uma cela Braille variam de acordo com o país podendo ainda apresentar valores diferentes para regiões de um mesmo território. A Figura 7 mostra as distâncias entre os pontos de uma cela Braille e auxilia a Tabela 2 na apresentação de uma diversidade de padrões para a construção de celas Braille e suas medidas em milímetros [21]. Na construção do KT será utilizado o padrão português apresentado na Tabela 2.

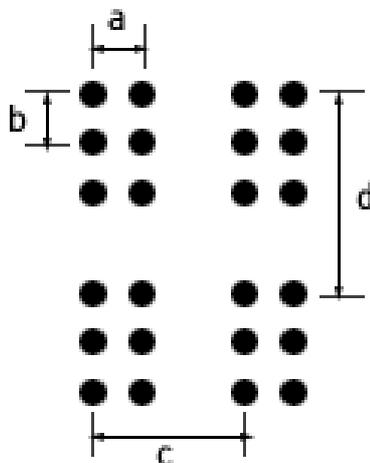


Figura 7. Medidas da cela Braille.

Tabela 2. Padrões para a construção de celas Braille e suas medidas em milímetros.

	Horizontal ponto a ponto (mm)	Vertical ponto a ponto (mm)	Célula a célula (mm)	Linha a linha (mm)	Diâmetro da base do ponto (mm)
	a	b	c	d	
Sinal Californiano	2,2	2,2	7,62	10,16	1,5
Braille Electrónico	2,4	2,4	6,4	--	
Inglês Interlinha	2,29	2,54	6,00	12,70	1,4 – 1,5
Francês	2,5 – 2,6	2,5 – 2,6		>10	1,2
Padrão de Construção Internacional	2,5 – 2,5	2,5 – 2,5	6,1 – 7,6	10,0 – 10,1	1,5 – 1,6
Italiano	2,2 - 2,5	2,2 – 2,5	5,7		
Japonês	2,03	2,03	5,08	8,63	
Americano Jumbo	2,92	2,92	8,76	12,70	1,7
Coreano	2,17	2,3	5,34	10,43	
Lituano	2,5	2,5	5	10,0	1,6
Marburg Médio	2,50	2,50	6,00	10,00	
Marburg Grande	2,70	2,70	6,60	10,80	
Português	2,29	2,54	6,0	10,41	1,4
Inglês Pequeno	2,03	2,03	5,38	8,46	1,4 – 1,5
Americano Padrão	2,29	2,29	6,10	10,16	1,5
Sueco	2,5	2,5	6,0	10	1

Fonte: Projecto Tiresias (<http://www.tiresias.org>).

2.3 Interfaces Humano-Máquina

A “Interface Humano-Máquina” (IHM), do inglês “*Human-Computer Interface/Interaction*” (HCI), é uma área multidisciplinar que envolve estudos em computação, fatores humanos, lingüísticos, psicologia, dentre outros. O seu estudo tem o objetivo de compreender como se dá a interação entre homem e máquina e criar melhorias para essa. São diversos os grupos de usuários e novas tendências surgem constantemente [22]. Pode-se utilizar IHM, por exemplo, para beneficiar pacientes com deficiências visuais.

É importante ressaltar que há uma diferenciação entre interação e interface. A interação inclui vários aspectos nos quais o usuário necessitará interagir para desempenhar sua tarefa, está incluso nesse contexto, por exemplo, o layout do escritório, a prática de trabalho e o meio ambiente [23]; enquanto a interface diz respeito ao sistema no qual o usuário terá contato direto por meio do plano físico, perceptivo e cognitivo [24].

Uma IHM deve prover recursos de (i) entrada - possibilitando ao usuário a manipulação do sistema – e de (ii) saída – permitindo ao sistema indicar a resposta adequada às ações do usuário. Dentre as principais características das IHMs pode-se citar a Usabilidade, a Ergonomia e a Acessibilidade [25].

A acessibilidade - no que diz respeito aos portadores de deficiência - tem recebido bastante atenção dos estudiosos de HCI. Segundo o *GNOME Accessibility Project* prover acessibilidade é “*remover barreiras que impedem as pessoas com deficiências de participar de várias atividades sociais, incluindo o uso de serviços, produtos e informações*” [26].

Existem diversos tipos de HCIs [27], diferindo umas das outras de acordo com a forma de contato, sistema ou ambiente em que é utilizado, porém o parâmetro mais importante é o usuário.

2.3.1 Tecnologias Assistivas

Tecnologia Assistiva (TA) é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos e serviços que visam facilitar o desenvolvimento de atividades da vida diária por pessoas com deficiência, objetivando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social

[28]. São exemplos de recursos de TAs, as cadeiras de rodas, bengalas, órteses e próteses, lupas e aparelhos auditivos.

No contexto da IHM existe uma diversidade de dispositivos que podem ser utilizados pelos DVs, como impressoras (*embossers*), linhas Braille, leitores e ampliadores de tela.

Impressoras braile

Os *embossers* funcionam de maneira semelhante às impressoras convencionais. Imprimem, em papel, informações codificadas em texto para o sistema braile, porém necessitam que o texto seja convertido num formato aceito por ele. A Figura 8 apresenta exemplos de impressoras Braille.



(a)



(b)

Figura 8. (a) Impressora Braille *Basic*. **(b)** Impressora *Index Everest*.

Linhas Braille

As linhas Braille (também conhecidas como tela Braille ou Braille Eletrônico) são dispositivos conectados à porta serial ou a porta USB (*Universal Serial Bus*) de um computador e que apresentam o texto digital em uma fileira de celas Braille formada por grupos de pinos. A configuração desses pinos muda conforme o usuário navega pelo texto. A Figuras 9 mostra exemplos de linhas Braille.

Em pesquisas elaboradas dos potenciais concorrentes, o Braille Eletrônico [29] – desenvolvido em diversos formatos por diferentes empresas –

se configura como principal concorrente, porém tem como principais pontos fracos o elevado custo, entre três mil e quinhentos e quinze mil dólares e a ausência de *software* integrado para a tradução. O KnowTouch se destaca pelo baixo custo, obtido pela utilização da tecnologia desenvolvida, que torna seu valor de mercado bem menor que o do concorrente mais barato – O custo desta interface não foi estimado, pois o acionamento dos pinos, do protótipo, foi desenvolvido de maneira artesanal, não sendo, portanto um modelo comercial, porém com estimativa de valor bem aquém dos equipamentos citados. O *software* de conversão torna o dispositivo completo, visto que grande parte dos concorrentes não o contempla.



(a)



(b)

Figura 9. (a) Linha Braille Seika. **(b)** Linha Braille SuperVario 40.

Leitores de tela

São aplicativos que viabilizam a leitura de informações textuais via sintetizador de voz [30]. No Brasil, os sistemas e *softwares* mais utilizados atualmente por esse segmento são o *DOSVOX*, o *Virtual Vision* e o *Jaws* [31].

O sistema operacional (SO) *DOSVOX* foi desenvolvido pelo grupo de pesquisa do Núcleo de Computação Eletrônica (NCE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Comunica-se com o usuário por meio de síntese de

voz, enquanto que a comunicação do usuário com o computador é realizada via teclado [7].

O *Virtual Vision* foi Desenvolvido pela *MicroPower*, empresa brasileira da cidade de Ribeirão Preto – SP, em 1998. Ele “varre” os programas em busca de informações que possam ser lidas para o usuário, possibilitando a navegação por menus, telas e textos presentes em praticamente qualquer aplicativo do SO *Windows* [8].

O *JAWS for Windows*, desenvolvido pela empresa norte-americana *Freedom Scientific*, é considerado o leitor de tela mais popular do mundo. Possui vantagens importantes como a facilidade de uso e de instalação, clareza na leitura através de vozes brasileiras, além de ser facilmente customizável [32].

Ampliadores de tela

Esse tipo de programa amplia parte da interface gráfica apresentada na tela do computador, fazendo com que os textos e imagens sejam mais bem entendidos por quem tem limitações de visão. Um problema encontrado com esse tipo de aplicativo é que na medida em que ampliam parte da interface, também reduzem a área que pode ser visualizada, removendo dessa forma informações de contexto. Podemos citar o *MAGIC* [33] e o *ZoomText* [34] como exemplos de ampliadores de tela. Na Figura 10 é apresentado um exemplo de utilização de um ampliador de tela.

O *MAGIC*, desenvolvido pela mesma empresa criadora do *JAWS*, é um ampliador de tela bastante utilizado por usuários com visão subnormal. Ele disponibiliza diversas ferramentas que facilitam a visão da tela e pode ser utilizado simultaneamente com o *JAWS*.

O *ZoomText*[®] foi desenvolvido pela *AiSquared*[®] e sua maior característica é conseguir ampliar a tela em até 36x com alta definição.

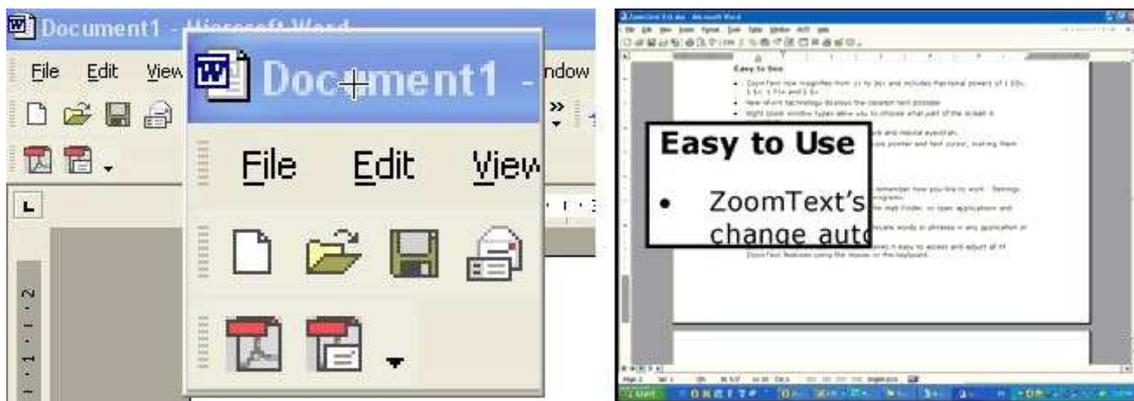


Figura 10. Exemplo de uso de um ampliador de tela.

2.4 Sistemas Embarcados

Um sistema embarcado (SE) é um sistema microprocessado no qual o computador é completamente encapsulado - ou dedicado - ao dispositivo ou sistema que ele controla. Diferente de computadores de propósito geral, como o computador pessoal, um SE realiza um conjunto de tarefas predefinidas, geralmente com requisitos específicos. Já que o sistema é dedicado a tarefas específicas, através de engenharia pode-se aperfeiçoar o projeto reduzindo tamanho, recursos computacionais e custo do produto. É composto por uma unidade de processamento – que é um circuito integrado (CI) – fixado a um circuito impresso [35]. Possui a capacidade de processamento de informações vindas de um *firmware* (*software* embarcado na unidade de processamento).

Diferente de computadores de propósito geral, um SE realiza um conjunto de tarefas predefinidas, geralmente com requisitos específicos. Como o sistema é dedicado a tarefas específicas, podemos ter um melhor aproveitamento dos seus recursos computacionais e, conseqüentemente, uma redução de custos de fabricação. Inúmeros SEs são utilizados no dia-a-dia, são exemplos os *MP3 players*, calculadoras, videogames e semáforos de trânsito. O KT é um exemplo de SE, pois todo o controle de acionamento dos pinos é feito por um processador dedicado.

2.4.1 Unidade de Processamento

Os processadores embarcados podem ser divididos em duas categorias: microprocessadores e microcontroladores. Ambos são CIs disponíveis nos mais diversos formatos na indústria eletrônica (encapsulamentos) e destinados ao tratamento de sinais.

Os microprocessadores vieram para substituir os milhões de transistores utilizados em computadores acarretando em uma diminuição do seu tamanho. Um computador, que antes ocupavam um andar inteiro de um prédio, pôde ser posto sobre uma mesa. A Figura 11 ilustra a relação entre a tecnologia utilizada e o tamanho dos computadores.

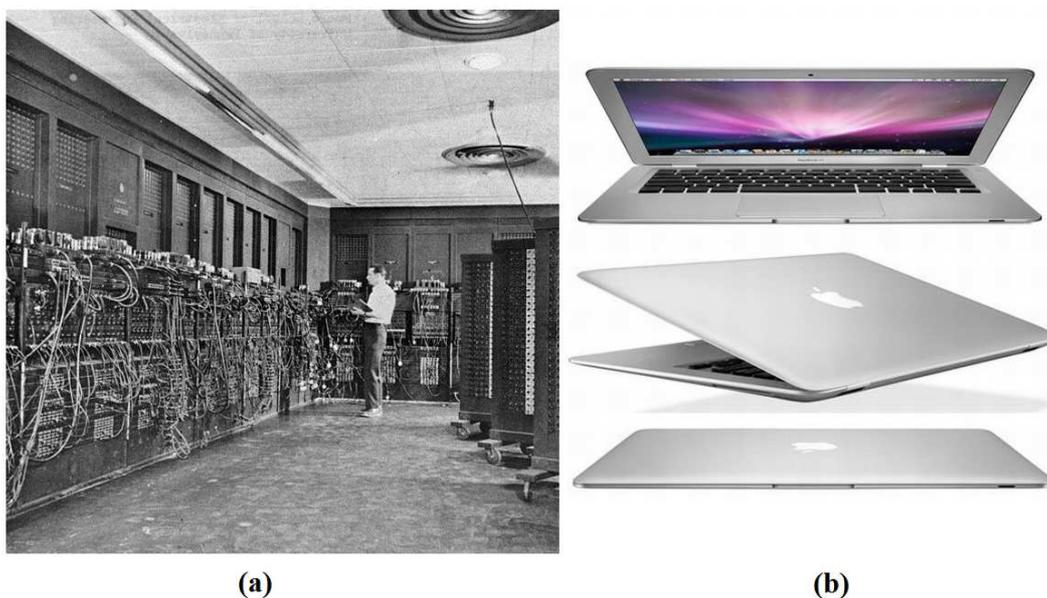


Figura 11. (a) ENIAC, computador desenvolvido pelo exército americano que utilizava válvulas a vácuo para o seu funcionamento. (b) MacBook Air, da empresa norte-americana Apple, que utiliza um microprocessador especialmente desenhado para reduzir o seu tamanho físico.

Os microprocessadores possuem alto custo e são utilizados principalmente para processamentos complexos. Estão presentes nos *notebooks*, equipamentos médicos, aparelhos eletrônicos de uso doméstico, etc. Eles possuem uma alta dependência de dispositivos externos para executar uma tarefa. Necessita de uma memória para armazenar o programa que deseja executar, barramento para se comunicar com a memória e barramento de endereços para saber qual dado será lido ou escrito na memória. Ou seja, em um microprocessador, para a execução de determinada aplicação, devem ser acoplados vários componentes externos necessários ao seu funcionamento.

Já os microcontroladores, de maneira geral, são completos, pois possuem a possibilidade de lidar com periféricos sem necessitar de *hardware* adicional. Apesar de conter diversos periféricos, as suas dimensões são muito reduzidas. Possuem um desempenho menor do que os microprocessadores,

mas se adéquam perfeitamente em aplicações que necessitem de menores custos e dimensões.

Para a construção do KT utilizaremos o microcontrolador PIC16F877A da *Microchip*. A escolha se deu por uma combinação de fatores: baixo preço e facilidade de encontrar o CI no mercado. A configuração dos pinos do PIC16F877A é apresentada na Figura 12.

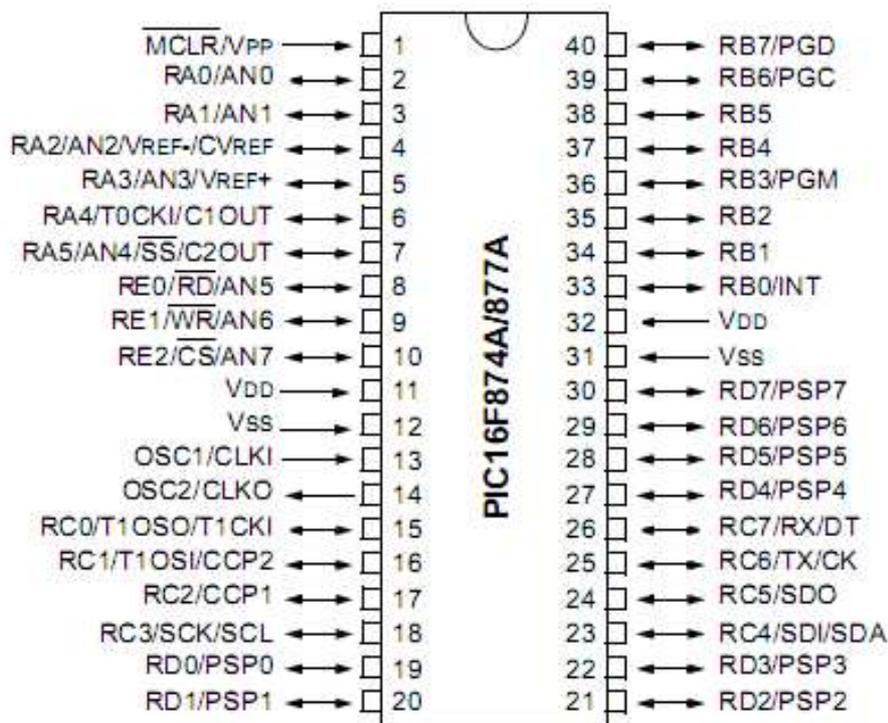


Figura 12. Pinagem do PIC16F877A.

2.5 Fundamentação Física

Os conceitos tratados nessa seção apresentam a viabilidade de construção de um acionamento eletromecânico para o KT.

Devido aos experimentos de *Örsted*, é conhecido que um fio condutor percorrido por uma corrente elétrica está associado a um campo magnético [36]. Além disso, a Lei de Ampère permite, em algumas situações, a determinação da intensidade do campo magnético e afirma que o sentido desse campo é determinado pelo sentido da corrente [37].

A intensidade do campo magnético é proporcional à corrente que atravessa um condutor associado a esse campo e inversamente proporcional à distância do ponto (onde é considerado o campo magnético) ao fio [38]. Logo,

quanto maior a intensidade da corrente elétrica, maior será a intensidade do campo magnético; e quanto maior a distância do ponto considerado em relação ao fio, menor será o valor do campo magnético.

2.5.1 Solenóides

O KT é um Braille eletrônico, uma Interface Humano-Máquina voltada para deficientes visuais, em outras palavras, um recurso de acessibilidade. Ele é constituído de pinos móveis que escrevem caracteres digitais em caracteres Braille em tempo real.

O acionamento destes pinos móveis é viável, em termos mecânicos e elétricos, devido à utilização dos solenóides – condutores enrolados em forma de espiras - na sua construção. A Figura 13 mostra a formação do campo magnético quando aplicada uma corrente elétrica no solenóide.

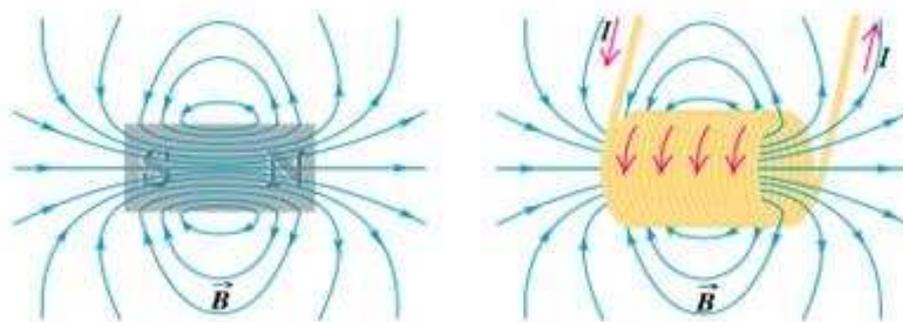


Figura 13. Formação do campo magnético através de um solenóide atravessado por uma corrente.

O acionador eletromecânico será uma bobina (um fio enrolado várias vezes formando um cilindro oco). Ao energizar a bobina, será produzido (induzido) um campo magnético, que funciona de maneira parecida como um ímã natural, repelindo o pino metálico contido em seu interior, elevando-o até a superfície do dispositivo, proporcionando dessa maneira o relevo necessário para a leitura da cela Braille. O pino retorna a sua posição inicial logo após a corrente elétrica ser interrompida.

Capítulo 3. Desenvolvimento do *Software Tradutor*

3.1 O KnowTouch

O KnowTouch é, em uma definição simples, um leitor de *e-book* que lê arquivos no formato “kt”. Caracteriza-se pela integração entre *hardware* e *software* para a construção de uma solução que irá proporcionar o acesso ao mundo da leitura de maneira dinâmica, prática e acessível aos portadores de deficiência visual.

O formato “kt” é a codificação do texto para o formato de caracteres Braille. Com ele é possível uma maior autonomia do protótipo proposto, pois o arquivo “kt” poderá ser armazenado diretamente no dispositivo não havendo necessidade, nessa etapa, de estar conectado a um computador contendo o *software* tradutor, nem que a tradução seja feita no próprio dispositivo – o que aumentaria consideravelmente o uso de seus recursos de processamento.

O *software* desenvolvido é capaz de realizar a conversão de um documento de texto digital para o formato Braille brasileiro. Ele traduz o texto para um formato que o dispositivo físico compreende, o “kt”. O sistema de tradução, apesar de formatar a saída no padrão Braille brasileiro, é capaz traduzir textos digitais independentemente da sua linguagem. Textos em inglês, francês ou espanhol podem ser traduzidos pelo *software*, por exemplo.

A separação entre o *software* tradutor e o protótipo possibilita que os arquivos “kt” possam ser distribuídos diretamente aos usuários finais, bibliotecas etc, a fim de que os deficientes tenham acesso aos títulos sem precisar possuírem computadores e licença do *software* tradutor. Em locais ou instituições públicas, ou ainda disponibilizados de forma gratuita em bibliotecas online seriam possibilidades bastante plausíveis e inclusivas de utilização do sistema.

3.1.1 Diagrama de Blocos

O diagrama contido na Figura 14 apresenta a expansão em blocos de todo o sistema, onde se encontra: (1) Sistema computacional que contém o *software* tradutor; (2) Meio de comunicação - Serial; (3) *Hardware* de controle; e (4) Celas Braille, onde o texto será apresentado.

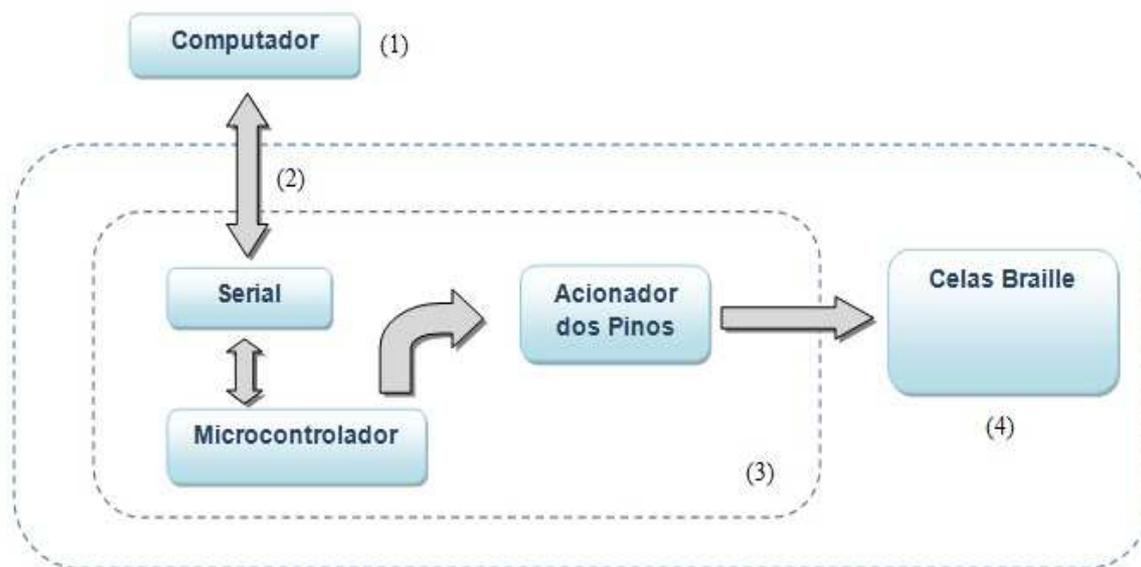


Figura 14. Diagrama em blocos de todo o sistema.

3.1.2 Atores

A Tabela 3 descreve brevemente cada ator da aplicação.

Tabela 3. Descrição dos atores do KnowTouch.

Ator	Descrição
Software Tradutor	O <i>software</i> tradutor processa os documentos de texto digital, codifica-os e envia os dados para o dispositivo físico.
Usuário	Indivíduo que interage com as funcionalidades do sistema através do dispositivo físico.
KnowTouch	Dispositivo físico responsável por receber as informações de texto codificadas, exibindo-as para o usuário e permitindo a interação deste com as funcionalidades do sistema.

3.1.3 Casos de Uso

A Figura 15 apresenta o diagrama de casos de uso da aplicação.

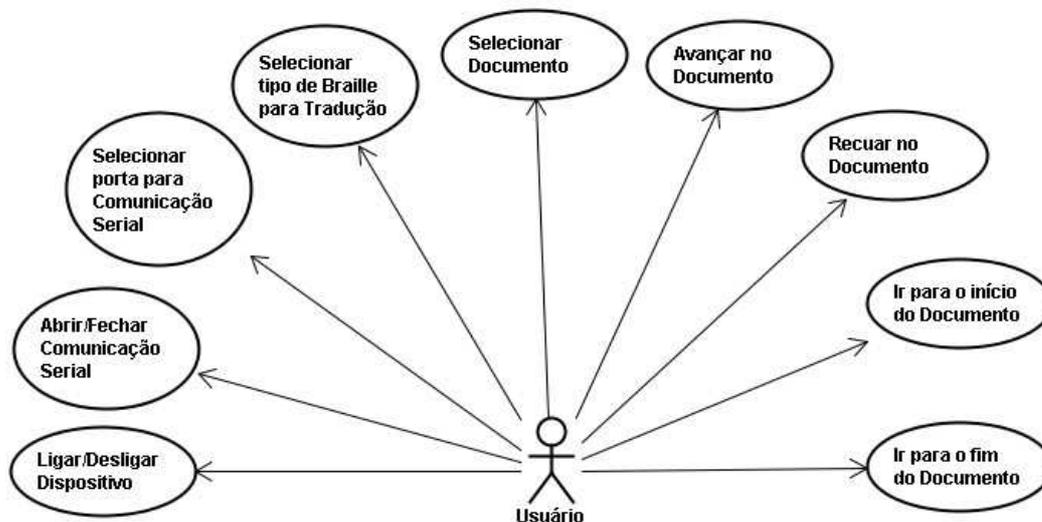


Figura 15. Diagrama de casos de uso do KnowTouch.

3.1.4 Arquitetura do Sistema

A arquitetura do KnowTouch apresenta uma divisão lógica construída utilizando o conceito de “estrutura em camadas”, onde cada camada representa um conjunto de componentes que possuem uma determinada responsabilidade e que pretende estar desacoplado ao máximo de componentes pertencentes a outras camadas. Esta estrutura está representada pela Figura 16.

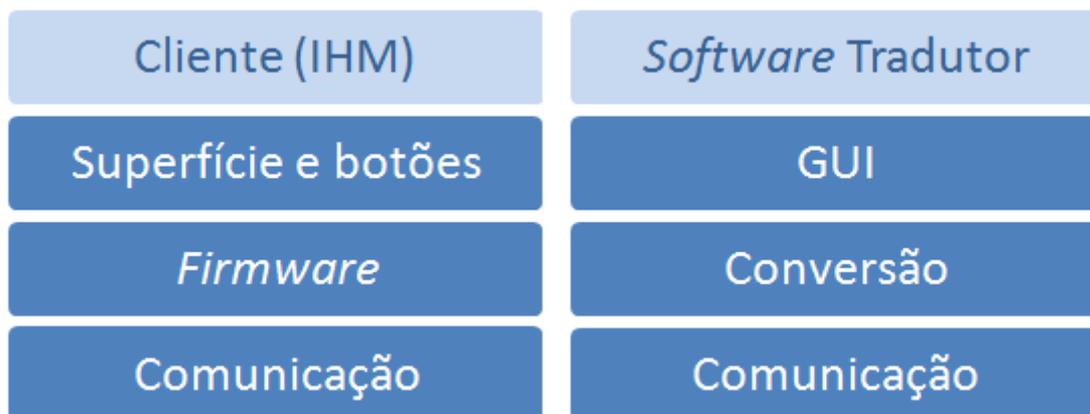


Figura 16. Arquitetura do KnowTouch.

- **Camada de Apresentação (GUI):** Valida as informações recebidas pelo usuário e as transfere de maneira formatada para a Camada de Negócios, de modo a serem processadas;
- **Camada de Negócios (Conversão):** Implementa a lógica de negócio da aplicação;
- **Camada de Dados e Serviços:** executa operações para a transmissão de dados, via Serial.

3.1.5 Subsistemas

Esta seção apresenta a divisão da aplicação em seus três subsistemas.

- **Subsistema conversão digital:** Responsável pela conversão de um documento de texto digital para formato utilizado pelo *firmware* do HCI (formato “kt”);
- **Subsistema comunicação serial:** Subsistema utilizado para trocas de arquivos com o dispositivo através da porta serial.
- **Subsistema de controle de pinos:** Subsistema responsável por armazenar os dados recebidos pela comunicação e por ativar os pinos necessários para surgimento dos caracteres Braille na superfície do HCI.

3.2 Tradução para Braille

O *software* tradutor, desenvolvido nessa monografia, implementa a tradução de textos digitais para o Braille de grau 1 e o de grau 2. Para essa conversão são aceitas as extensões de arquivos: .TXT, .HTM e .HTML.

Não foi encontrado na literatura outro *software* capaz de traduzir documentos para esses dois tipos de Braille simultaneamente, caracterizando, mais uma vez, o elevado grau de inovação dessa monografia.

3.2.1 Tradução para o Braille de Grau 1

A tradução para o Braille de grau 1 ocorre da seguinte forma: Após a escolha do arquivo de texto digital o *software* realiza uma varredura no conteúdo do documento para que possa identificar quais regras da codificação Braille devem ser aplicadas a ele, então gera o código “kt” que é enviado via porta serial para o protótipo, que por sua vez processa essas informações, e como resultado desse processo tem-se o acionamento mecânico das celas Braille, propiciando, a partir desse momento, ao deficiente visual o acesso ao conteúdo do texto. Esta função, pela complexidade e atenção exigida, foi colocada em um módulo separado da rotina principal que é chamada durante a execução do programa.

As principais regras de codificação Braille que foram incorporadas no KnowTouch são as seguintes:

- Regras para a codificação de letras maiúsculas;
- Regra para a delimitação de contexto informático.
- Regra para a codificação dos numerais;
- Translineação e Transpaginação;

Os pseudocódigos das principais regras de codificação Braille implementadas nesse projeto podem ser encontrados no Apêndice 1.

3.2.2 Grau 2 (Estenografia)

A Estenografia Braille para a Língua Portuguesa comporta duas grandes estruturas: a das abreviaturas e a da estenografia propriamente dita.

As abreviaturas são sinais representativos de palavras, com vida autônoma, que podem, no entanto, ligar-se por hífen a outras palavras abreviadas.

A estenografia é o conjunto de sinais representativos de grupos de letras integrantes de palavras não abreviadas.

A tradução para o Braille de grau 2, também conhecido como Estenografia Braille, ocorre de maneira semelhante ao de grau 1, porém alguns passos são acrescentados no início de processo.

Antes de verificar que regras devem ser aplicadas ao documento selecionado para a tradução Braille é feita uma busca por palavras que estejam contidas na lista de abreviaturas apresentadas no Anexo A [39] dessa monografia. As palavras que estiverem contidas nessa listagem são substituídas diretamente pelo sinal Braille correspondente e não passam por mais nenhum processo de tradução.

Após a etapa de substituição das palavras com abreviaturas, é feita uma busca por grupos de letras integrantes de palavras não abreviadas. Esses grupos de letras estão listados no Anexo B [39] desse Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). As palavras que possuem esses grupos de letras irão tê-los substituídos pelos seus sinais estenografados e as demais letras das palavras passaram pelo mesmo processo de tradução do Braille de grau 1.

3.3 Principais Funcionalidades (i.e. Métodos)

Nessa seção serão apresentados alguns dos principais métodos que compõem o *software* tradutor.

3.3.1 Seleção de texto

Quando se traduz um texto para Braille a quantidade de caracteres envolvidos cresce rapidamente, pois toda a formatação do texto - como letras maiúsculas, negrito, itálico, sublinhado, translineação, etc. - é feita através da inserção de caracteres Braille especiais.

Como as celas Braille são um recurso limitado, foi necessário criar um mecanismo para que o texto traduzido não excedesse a capacidade de celas que o protótipo poderia apresentar. A Figura 17 apresenta o funcionamento do método de seleção de texto.

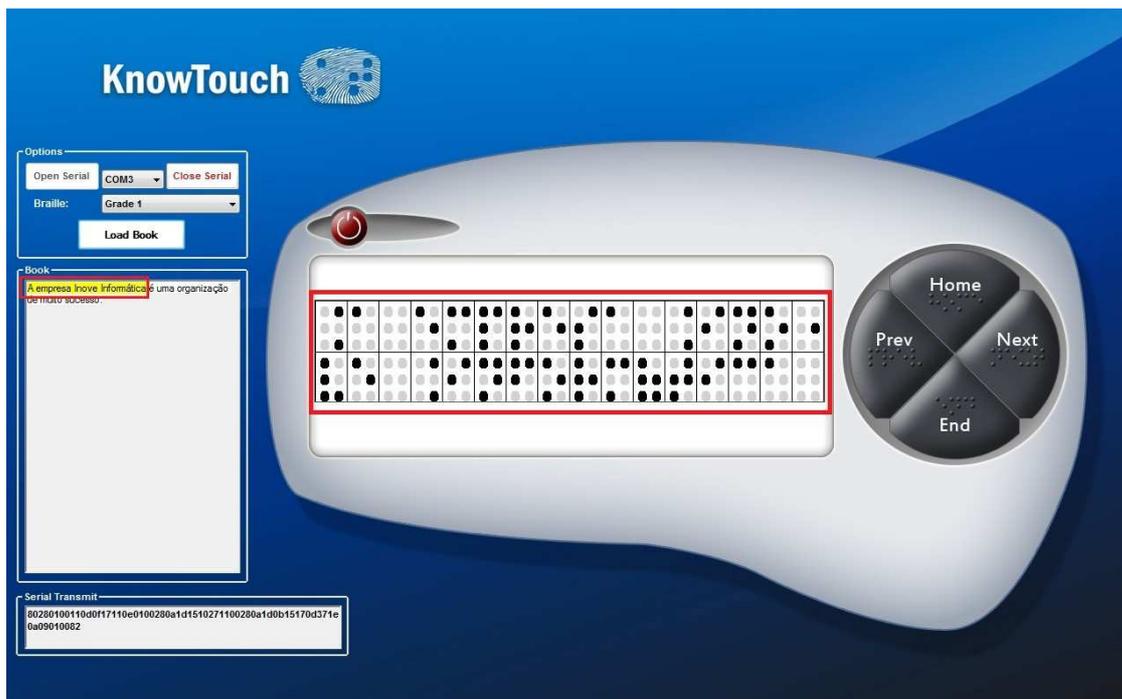


Figura 17. Funcionamento do método de seleção de texto.

3.3.2 Conversão de Braille para o código “kt”

A função que converte uma string de pinos Braille em um código KT é a “braille2kt”. Ela recebe como parâmetro a string que contém o texto após a aplicação das regras de codificação e utiliza uma expressão regular para convertê-la para o formato “kt”.

As expressões regulares são strings especialmente formatadas, usadas para localizar padrões no texto.

A plataforma .NET fornece várias classes para ajudar os desenvolvedores a reconhecerem e manipularem expressões regulares. A classe *Regex* (espaço de nomes ***System.Text.RegularExpressions***) representa uma expressão regular imutável. Ela contém métodos estáticos que permitem o uso da classe *Regex* sem instanciar explicitamente objetos dessa classe. A classe *Match* representa os resultados de uma operação de correspondência com expressão regular.

A classe *Regex* fornece o método *Match*, que retorna um objeto da classe *Match* representando uma única correspondência com expressão regular. *Regex* também fornece o método *Matches*, que encontra todas as ocorrências de uma expressão regular em uma string arbitrária e retorna um

objetos *MatchCollection* – isto é, um conjunto de objetos *Match*. A Figura 18 apresenta o método “braille2kt”.

```
private static byte braille2kt(string pinosBraille)
{
    //expressao regular que define uma string Braille
    Regex numeros = new Regex(@"[123456]*");

    MatchCollection MatchList = numeros.Matches(pinosBraille);

    byte ret = 0;

    if (MatchList.Count > 0)
    {
        if (pinosBraille.Contains("1")) ret += 1;
        if (pinosBraille.Contains("2")) ret += 2;
        if (pinosBraille.Contains("3")) ret += 4;
        if (pinosBraille.Contains("4")) ret += 8;
        if (pinosBraille.Contains("5")) ret += 16;
        if (pinosBraille.Contains("6")) ret += 32;
    }

    return ret;
}
```

Figura 18. Método “braille2kt”.

3.4 *Look and Feel*

Esta seção apresenta o *look and feel* da interface do usuário do *software* tradutor do KnowTouch. O objetivo é permitir um sentimento sobre como ocorre a interação entre o usuário e a aplicação desenvolvida, referenciando os casos de uso descritos.

3.4.1 Detalhamento da Interface

Esta seção apresenta o fluxo de execução, em termos de telas de interface, a ser realizado pelo usuário para a conclusão dos casos de uso da aplicação. Com o objetivo de não tornar essa seção excessiva e desnecessariamente carregada, foram escolhidos apenas alguns fluxos de casos de uso para ilustrar o *look and feel* da interface. Os fluxos cujas interfaces serão detalhadas são:

1. Abrir Comunicação Serial;
2. Selecionar porta para Comunicação Serial;
3. Selecionar tipo de Braille para Tradução;

4. Selecionar Documento;
5. Avançar no Documento;
6. Ir para o fim do Documento;
7. Ir para o início do Documento.

Toda a navegação do KnowTouch pode ser feita através do teclado, seguindo orientações gravadas em um menu sonoro.

1. Abrir Comunicação Serial

Esse fluxo representa o momento em que o usuário pressiona o botão “Open Serial” para abrir a comunicação via porta serial entre o *software* tradutor e o dispositivo físico. É representado pela Figura 19.

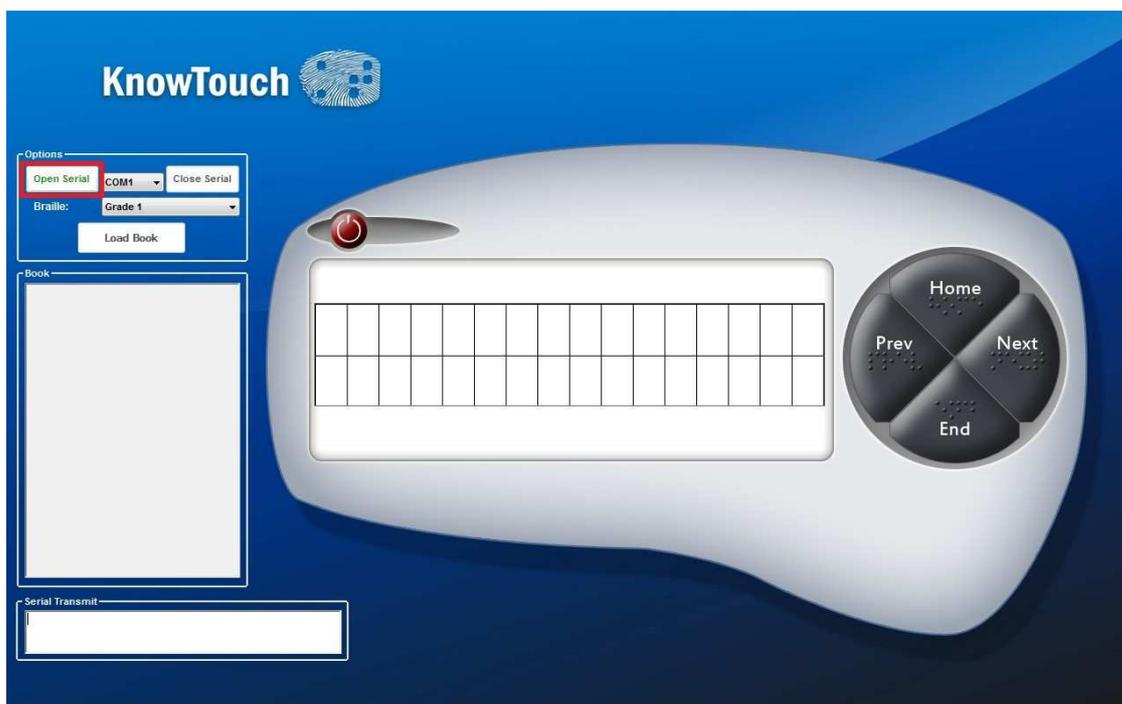


Figura 19. Botão “Open Serial” para abrir a comunicação entre o *software* tradutor e o dispositivo físico.

2. Selecionar porta para Comunicação Serial

Esse fluxo, apresentado na Figura 20, representa o caso em que o usuário escolhe a porta serial para o *software* se comunicar com o dispositivo físico.

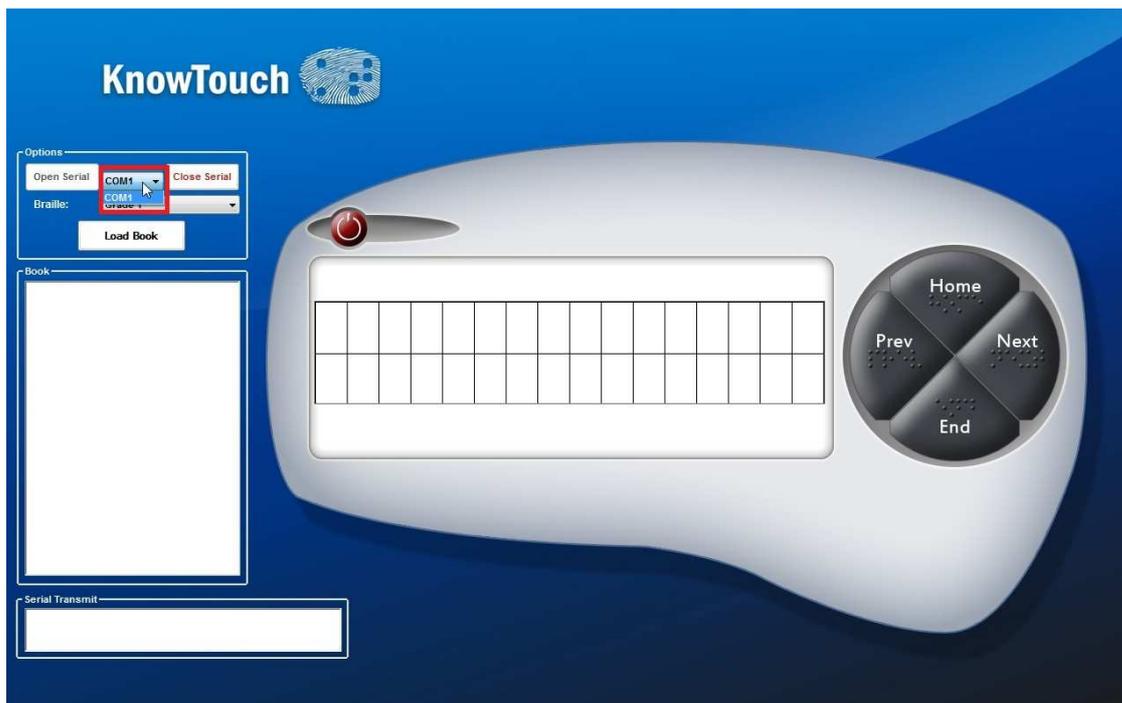


Figura 20. Seleção da porta serial para a comunicação entre o *software* e o dispositivo físico.

3. Selecionar tipo de Braille para Tradução

Esse fluxo representa o caso em que o usuário escolhe o Braille de Grau 1 ou o Braille de Grau 2 (Estenografia Braille) para a tradução do documento. Esse fluxo é apresentado na Figura 21.

4. Selecionar Documento

Esse fluxo representa o momento em que o usuário pressiona o botão “*Load Book*” para escolher o documento, sendo este previamente armazenado no computador. As Figuras 22 e 23 apresentam os passos desse fluxo.

5. Avançar no Documento

Esse fluxo representa o caso em que o usuário pressiona o botão “*Next*” para avançar para as próximas linhas Braille. Seus passos são apresentados nas Figuras 24 e 25.

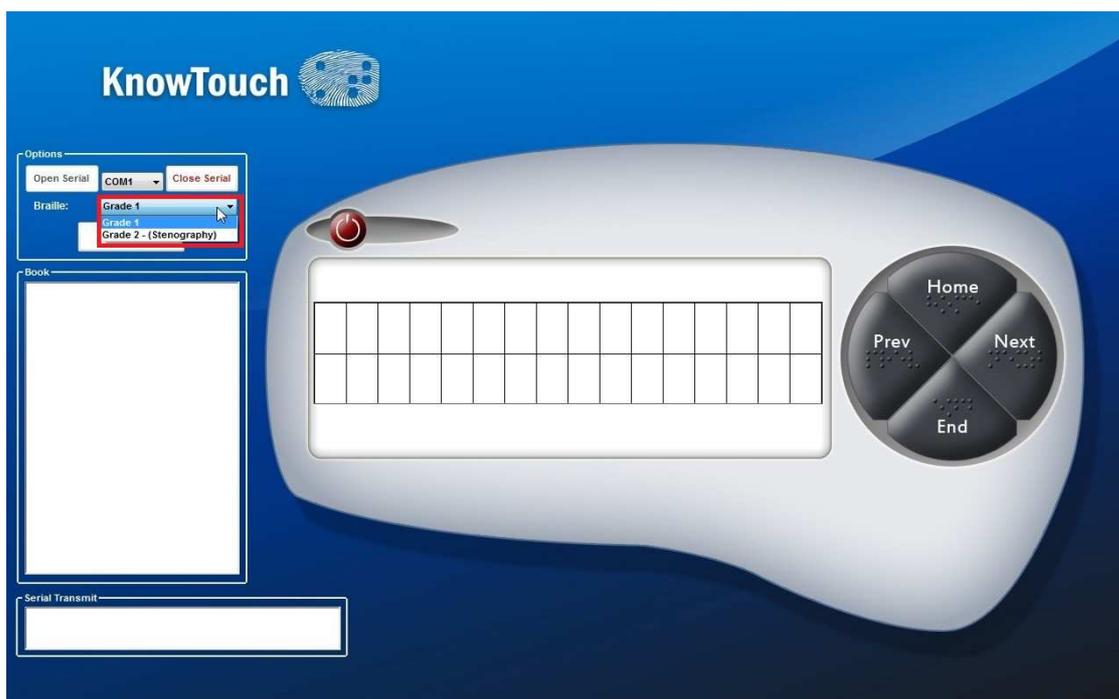


Figura 21. Seleção da opção de tradução Braille (Grau 1 ou Grau 2).



Figura 22. Botão “Load Book” para exibir o documento de sua escolha na interface do software tradutor.

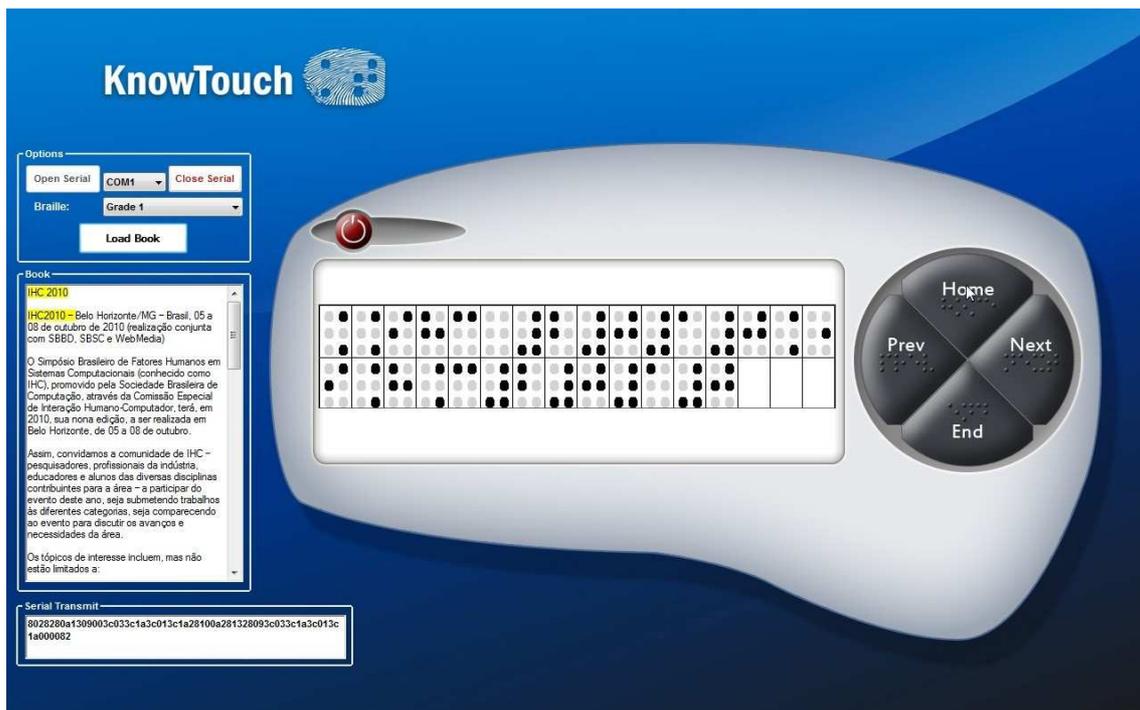


Figura 23. O documento selecionado é exibido em forma de texto convencional ao lado esquerdo e no formato Braille no centro do dispositivo.

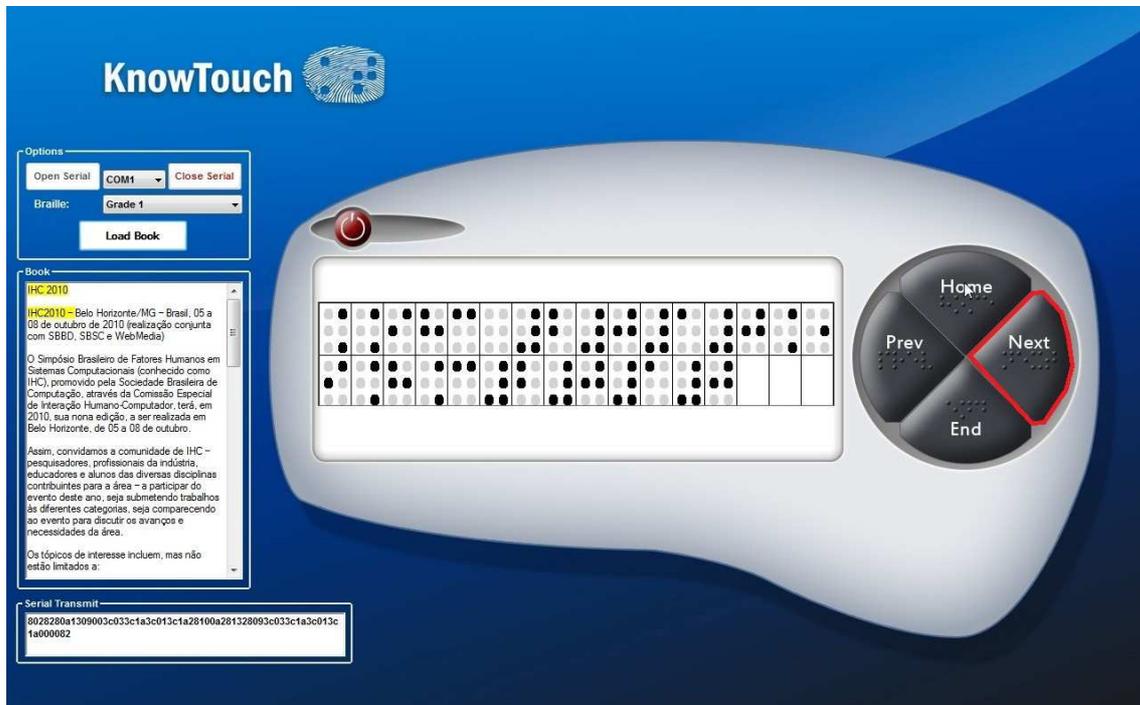


Figura 24. Botão “Next” para avançar para as próximas linhas Braille.

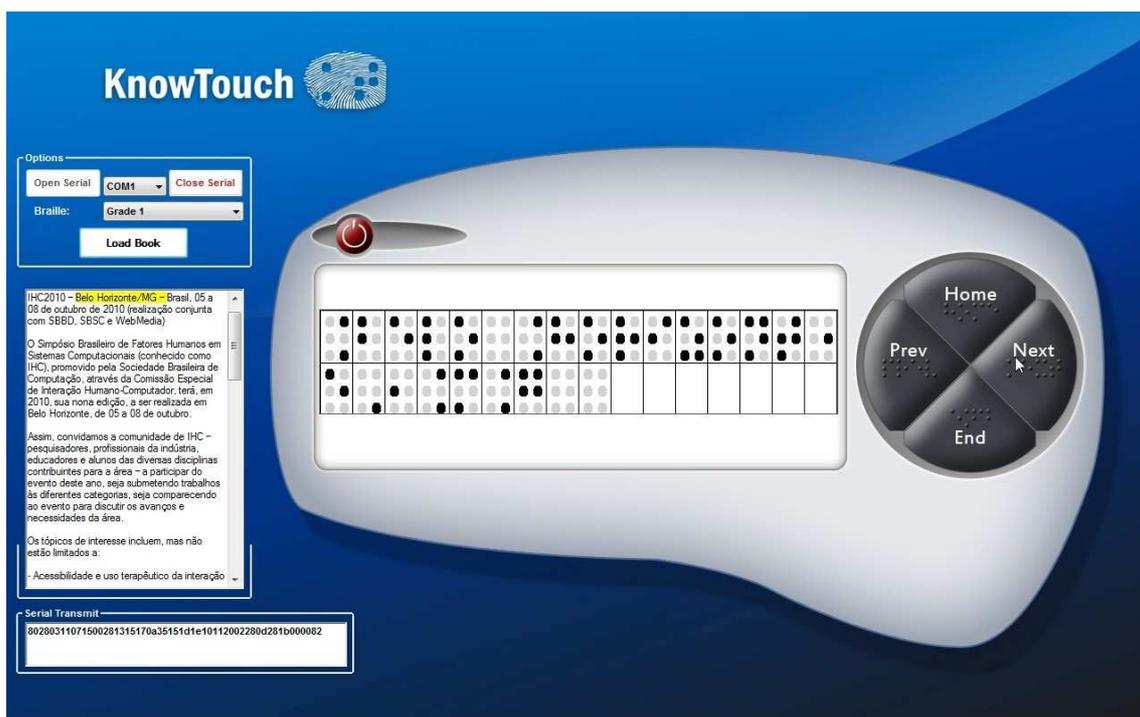


Figura 25. Avanço do texto com apresentação de linhas seguintes.

6. Ir para o fim do Documento

Esse fluxo representa o caso em que o usuário pressiona o botão “End” para avançar para o final do documento. As Figuras 26 e 27 descrevem esse fluxo.

7. Ir para o início do Documento

Esse fluxo representa o caso em que o usuário pressiona o botão “Home” para retornar ao início do documento. Os passos desse fluxo são apresentados nas Figuras 28 e 29.

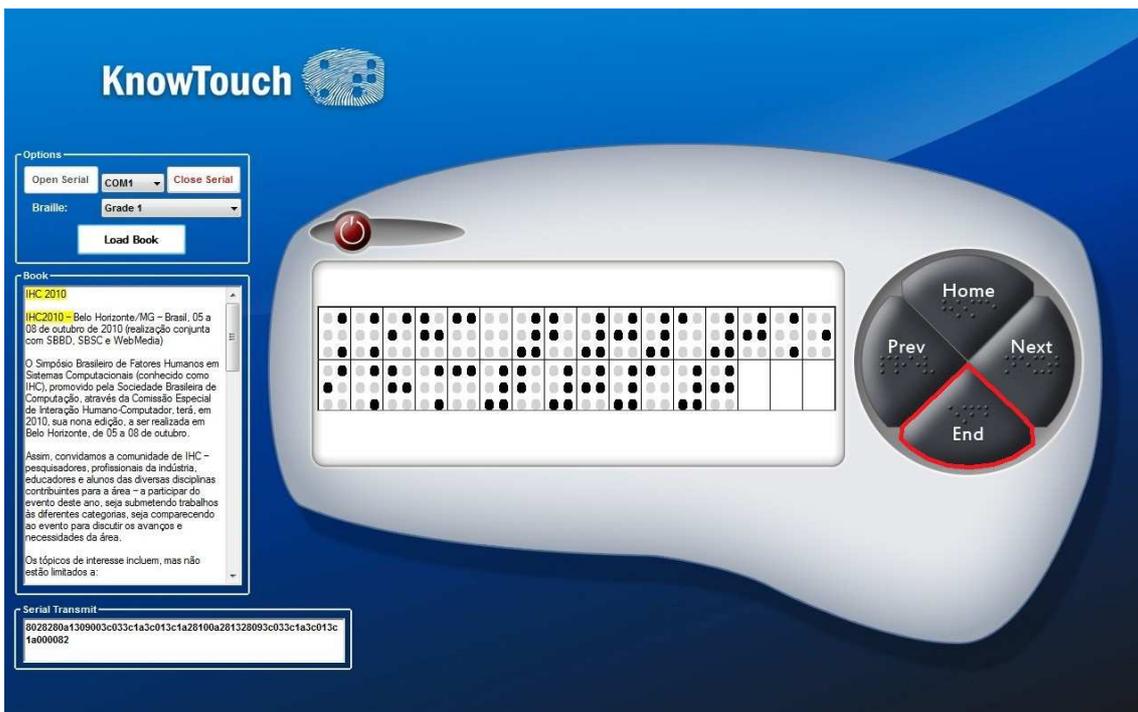


Figura 26. Botão “End” para avançar para o fim do documento.

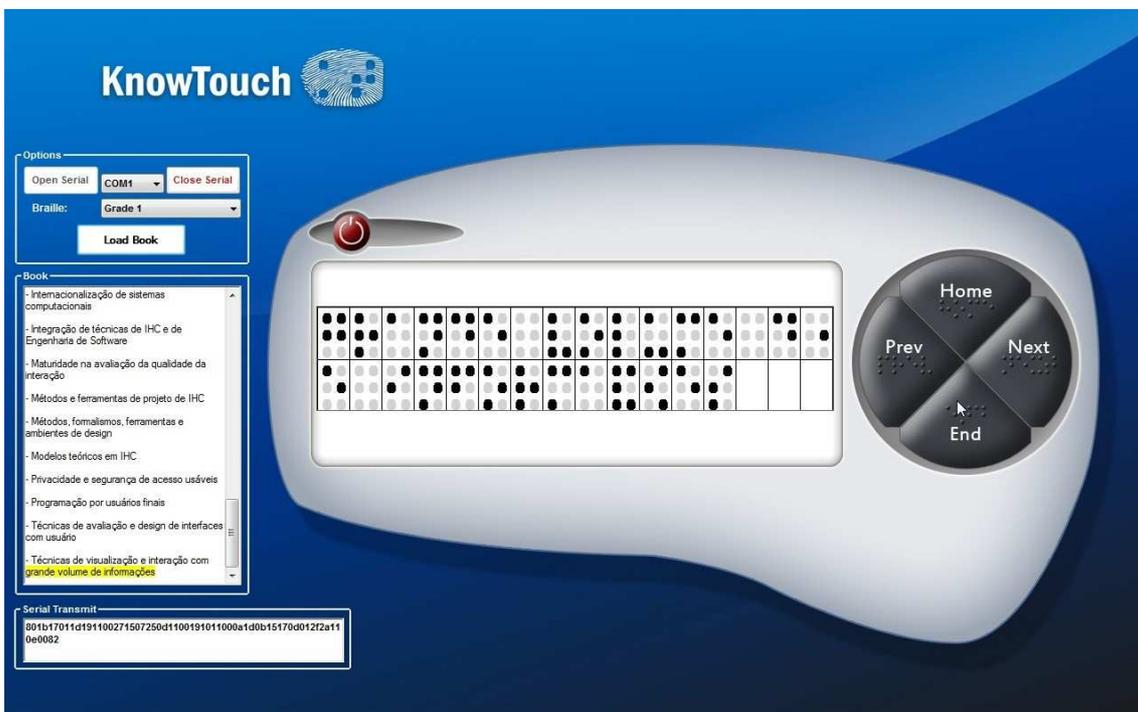


Figura 27. O texto avança até o final e suas últimas linhas são apresentadas.

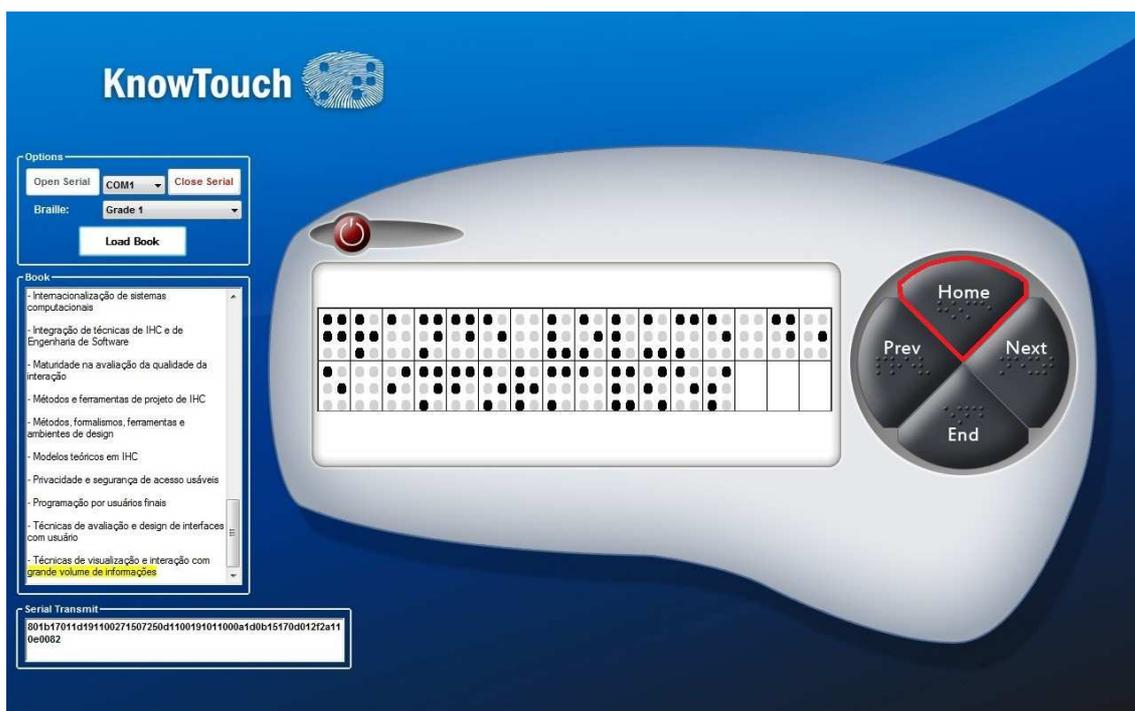


Figura 28. Botão “Home” para retornar ao início do documento.



Figura 29. As linhas iniciais do documento são apresentadas ao usuário.

Capítulo 4. Projeto do Dispositivo Físico

4.1 Dispositivo Físico

As pessoas portadoras de deficiência têm o direito a uma vida autônoma, na qual possam tomar as suas próprias decisões, assumindo a responsabilidade pelas suas escolhas. De acordo com a Declaração dos Direitos da Pessoa Deficiente [40], os deficientes na figura de indivíduo social "têm direito a medidas que visem capacitá-los a viver uma vida normal como qualquer outro".

Contudo, as soluções para o auxílio aos que possuem deficiência visual presentes no mercado atual são limitadas e de acesso restrito; produtos com melhores tecnologias são de origem importada e de alto custo de aquisição. O KnowTouch foi concebido justamente para dirimir o hiato formado entre o mercado e as necessidades dos deficientes visuais, tendo como foco a democratização da informação, leitura e educação. Ademais, ele abre uma perspectiva ímpar para essas pessoas através da utilização do potencial dos ambientes digitais/virtuais e possibilita a ruptura do isolamento e da dependência de familiares para a realização de tarefas simples.

O KnowTouch é formado por um conjunto de células dispostas de forma matricial (2 linhas, 16 colunas). Cada célula representa uma cela Braille e é composta por uma matriz de pinos (3 linhas, 2 colunas). O KT tem sua superfície plana, na ausência da comunicação de dado e se agrupa "imprimindo" o texto selecionado em Braille, de acordo com a informação recebida.

O KnowTouch é composto por um painel com furos preenchidos com pinos móveis. Estes pinos móveis são acionados por uma bobina solenóide. Esta funciona como um eletroímã movendo o pino acima do painel através do furo, formando assim o padrão Braille.

Todos os dados enviados pelo servidor são recebidos por um microcontrolador que codifica para o acionamento dos pinos. Essa codificação é enviada para um circuito de potencia composto por uma fonte de corrente que aciona o pino na forma de varredura, o travamento é feito de forma mecânica. O pino é uma pequena barra de aço combinada com uma barra de plástico. Ao redor da barra metálica se encontra uma bobina solenóide, que ao receber o pulso da fonte de corrente, eleva o pino para que a parte plástica fique acima da superfície plana do KnowTouch montando as palavras Braille. A Figura 30 apresenta funcionamento do modelo de acionamento e travamento dos pinos do KT.

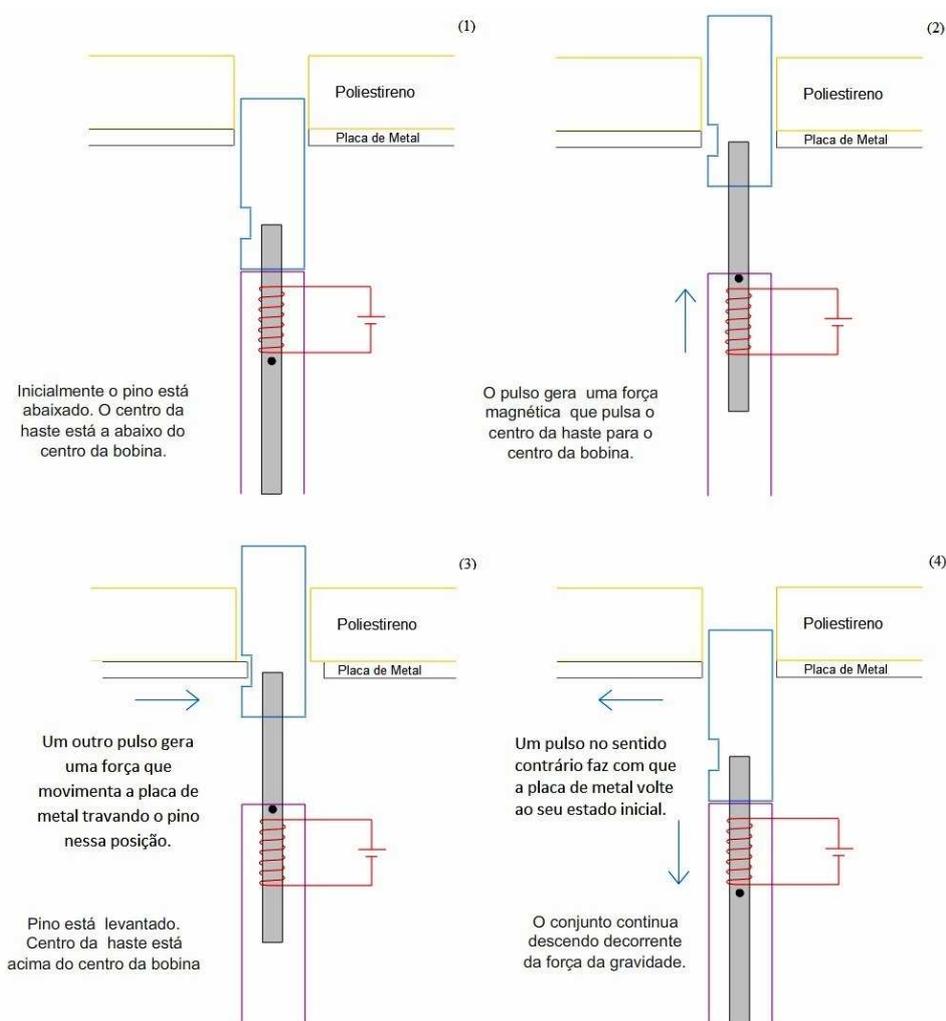


Figura 30. Funcionamento do modelo de acionamento e travamento dos pinos do dispositivo. (1) Estado inicial (posição antes do acionamento da bobina); (2) Bobina é acionada e eleva o pino; (3) Mecanismo de travamento é acionado; (4) Mecanismo é destravado e o pino volta à posição inicial.

O travamento dos pinos é realizado por uma placa furada móvel e acionada por uma bobina solenóide. Ao ser acionada a bobina move-se a placa causando uma interseção entre os furos do painel do KnowTouch, travando os pinos que estiverem levantados.

O dispositivo físico do KnowTouch foi desenvolvido em parceria com Thiago Seixas (graduando em Eng. Mecatrônica na Escola Politécnica de Pernambuco/UPE) e Saulo Barreto (graduando em Eng. Elétrica Eletrônica na Escola Politécnica de Pernambuco/UPE). No processo de concepção desse protótipo, o autor deste trabalho participou ativamente da definição da sua arquitetura, além de ter sido um dos responsáveis pela definição da interface dos serviços oferecidos pelo KnowTouch. Thiago Seixas e Saulo Barreto, por sua vez, foram responsáveis pelo desenvolvimento da placa de circuito impresso e pelas pesquisas sobre os mecanismos de acionamento das celas Braille.

4.1.1 Arquitetura do *Hardware*

A Arquitetura do *Hardware* do KnowTouch é composta por dois componentes principais: placa de controle e circuito de acionamento.

A placa de controle é a unidade inteligente do sistema e seu principal componente é um microcontrolador da família PIC. Esse circuito de controle é responsável por receber através do “BARRAMENTO DE DADOS BIDIRECIONAL” dados referentes ao texto digital a ser representado no sistema Braille. Uma vez recebidos esses dados, eles servem de entrada para o circuito de acionamento. O “BARRAMENTO DE ENDEREÇOS” define qual célula receberá cada caractere em Braille e pelo “BARRAMENTO DE DADOS” passam os dados que definem dinamicamente o arranjo de cada célula. O circuito de acionamento é composto por um conjunto de células que devem indicar ao deficiente visual em alto-relevo um caractere em Braille. A Figura 31 ilustra a Arquitetura do *Hardware* do KnowTouch.



Figura 31. Arquitetura do *Hardware* do KnowTouch.

4.1.2 Simulações

Para a simulação circuito do *hardware* e do comportamento do microcontrolador foi utilizada ferramenta *Proteus 7[®]*. Ela nos permite simular circuitos e projetar placas de circuito impresso para projetos de eletrônica analógica e digital e contém em sua biblioteca uma lista de componentes que apresentam uma descrição comportamental de componentes físicos reais. Entre estes componentes, encontra-se o microcontrolador PIC16F877A que foi utilizado na execução desse projeto. Com a utilização do *Proteus 7[®]*, foi possível a previsão do comportamento do protótipo antes da sua montagem.

Uma vez que no *Proteus 7[®]* não existe um modelo para celas Braille, foram utilizados *LEDs (Light Emission Diode)* - pequeno componente tipo diodo emissor de luz - para representar os pinos Braille, onde um conjunto de seis *LEDs* passou a representar uma cela Braille nesse modelo. Nessa representação um *LED* aceso representa um pino acionado. A Figura 32 apresenta a simulação do circuito acionador contendo 16 celas Braille.

A idéia inicial, para a simulação, foi chavear o acionamento das celas Braille em uma frequência elevada de modo que ele não fosse perceptível ao usuário, mas durante a simulação foi percebido que o computador utilizado não conseguiria representar o efeito visual de maneira satisfatória, pois esse tipo de simulação demandaria recursos superiores a sua capacidade. Para solucionar essa problema foi utilizado um *Latch* - forma mais básica de implementar um circuito lógico de memória - em cada cela Braille de modo que a informação enviada para cada cela ficasse gravada até o recebimento de uma nova informação.

Para endereçar a informação para cada *Latch* foram utilizados dois demultiplexadores de 16 canais, representados pelo CI 74HC57. A soma dos canais dos demultiplexadores totaliza 32, sendo um canal para cada cela Braille. A utilização desse recurso permite que apenas uma cela Braille seja habilitada para receber a informação por vez.

Através dessa simulação foi possível verificar também a comunicação do circuito projetado com o *software* tradutor, desenvolvido nessa monografia, através do dispositivo COMPIN capaz de emular uma porta serial RS232. Eles foram virtualmente conectados com o auxílio do utilitário *Virtual Serial Port Kit* [41].

O detalhamento do *software* embarcado desenvolvido será feito na seção 4.2 dessa monografia.

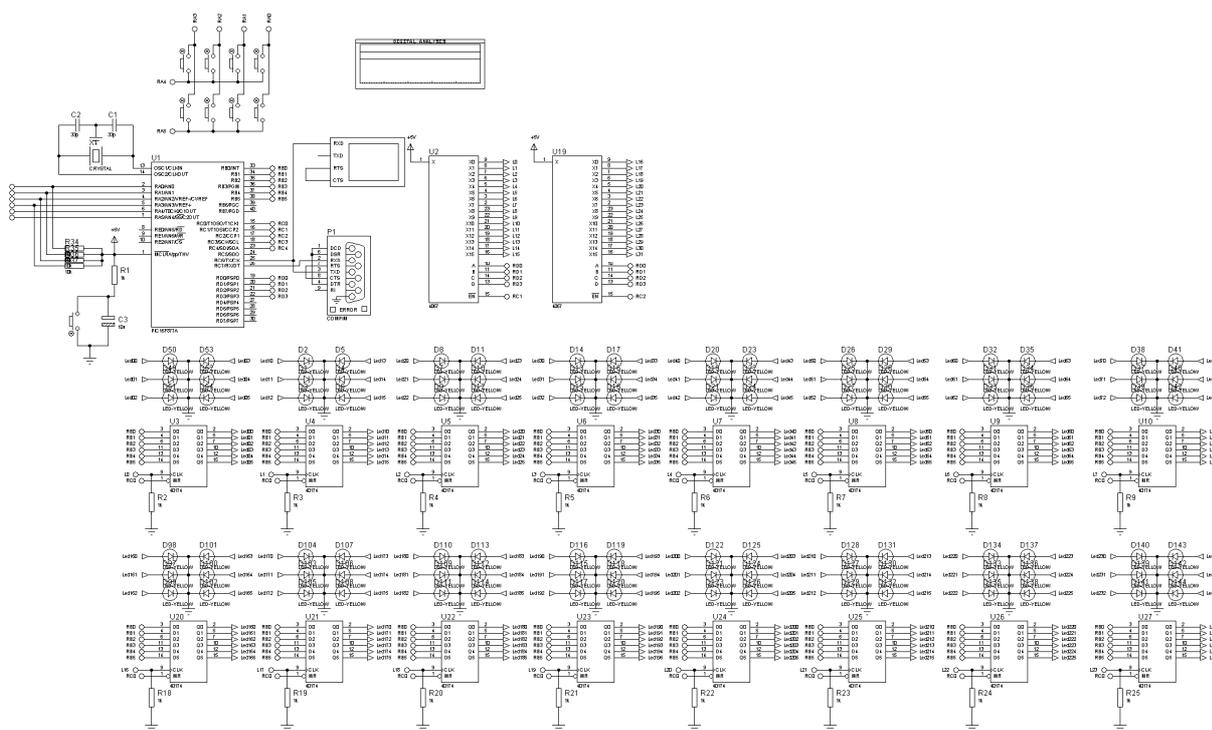


Figura 32. Simulação do circuito acionador contendo 16 células Braille.

4.1.3 Desenvolvimento do Hardware

O primeiro circuito foi baseado nas simulações apresentadas na seção 4.1.2 dessa monografia e montado sobre um *ProtoBoard*. A Figura 33 apresenta esse circuito com um conjunto de seis *LEDs* representando uma cela Braille e botões para navegação no texto (i.e. “home”, “end”, “next”, “prev”).

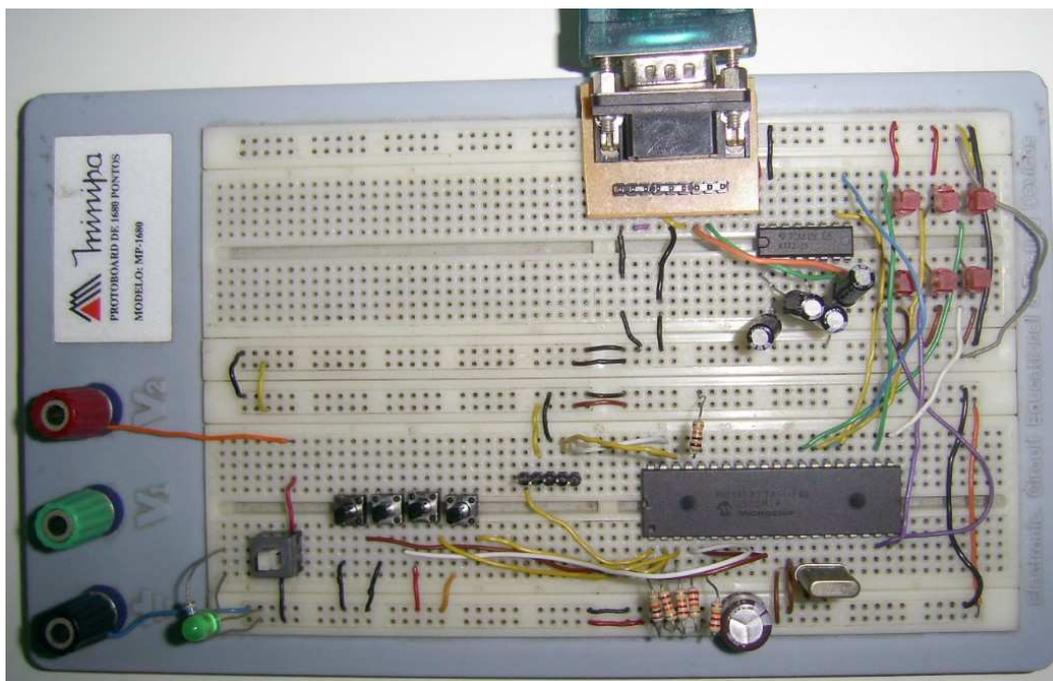


Figura 33. Primeiro circuito montado em *ProtoBoard* com um conjunto de seis *LEDs* representando uma cela Braille e quatro botões para navegação no texto (i.e “*home*”, “*end*”, “*next*”, “*prev*”).

O segundo protótipo do KnowTouch foi montado em dois *ProtoBoards* como ilustrado na Figura 34. No primeiro, tem-se o circuito de controle responsável pela comunicação com o computador (serial RS 232) e pelo controle do circuito de acionamento. O segundo *ProtoBoard* representa o circuito de acionamento de uma cela Braille. Nessa versão, a navegação pelo texto Braille é feita exclusivamente pela interação com o *software* tradutor. A fonte utilizada nesse projeto foi uma fonte de 5 Volts e 1 ampère.

Nessa monografia, embora tenha sido projetado um circuito eletrônico para 32 celas Braille, foi desenvolvido o conjunto eletro-mecânico para apenas uma cela Braille, visto que seria suficiente para a validação do mecanismo de acionamento. A Figura 35 apresenta o desenho das trilhas da placa de circuito impresso do KnowTouch.

Após os dois primeiros protótipos do KnowTouch, montados em *ProtoBoards*, terem sido validados através de testes tradução, comunicação e acionamento - esses testes serão detalhados na seção 4.3 dessa monografia -

foi montado o protótipo em placa de circuito impresso. A Figura 36 apresenta o protótipo em placa de circuito impresso do KnowTouch.

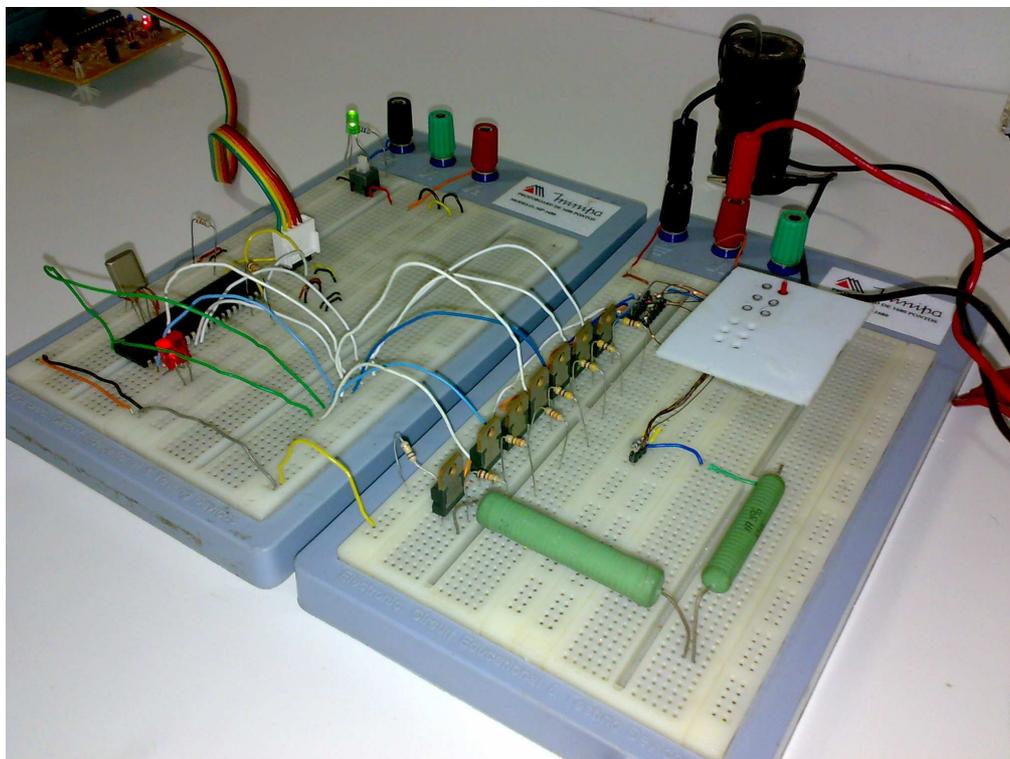


Figura 34. Segundo protótipo do KnowTouch montado em dois *ProtoBoards*.

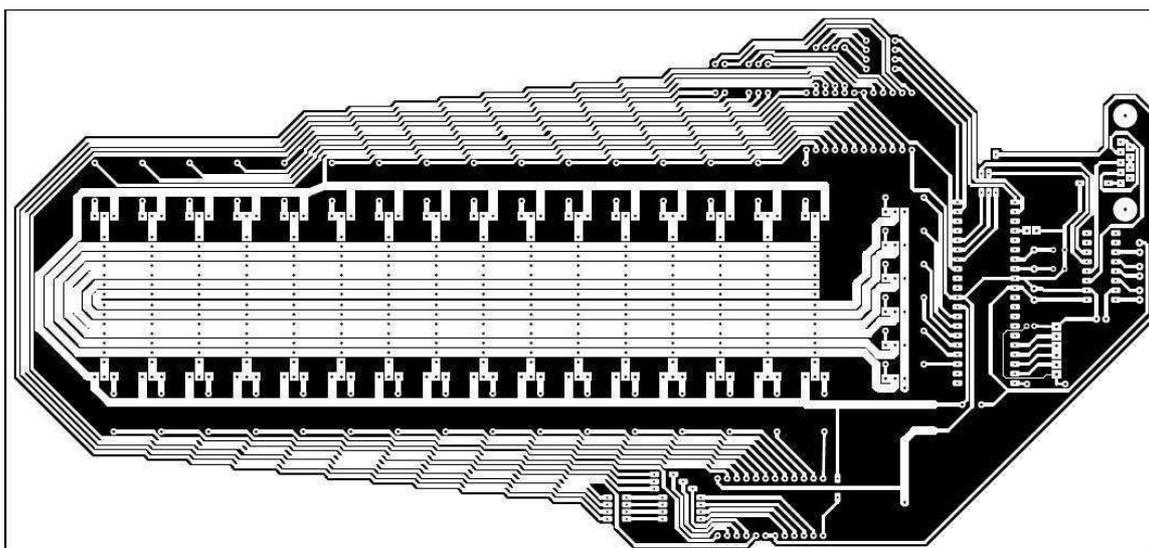


Figura 35. Desenho das trilhas da placa de circuito impresso do KnowTouch (circuito eletrônico para 32 celas Braille).

O circuito foi programado através de um gravador de microcontroladores que utiliza a gravação “*in-circuit*”, dispensando a necessidade de remoção do microcontrolador da placa para a atualização do *firmware*. A Figura 37 apresenta o gravador utilizado para a programação do microcontrolador.

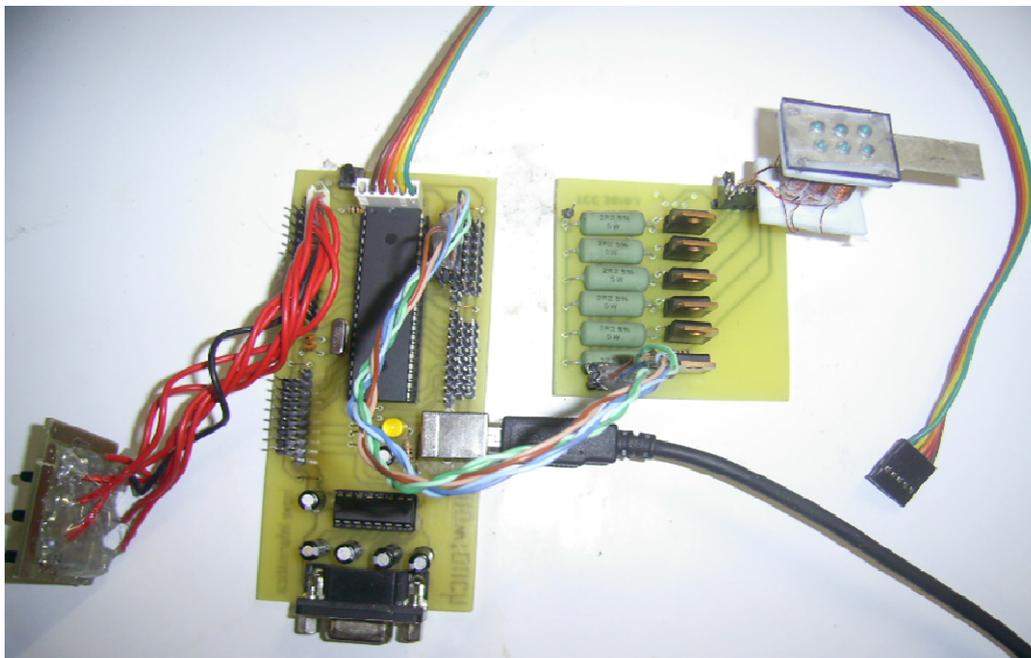


Figura 36. Protótipo do KnowTouch montado em placa de circuito impresso.

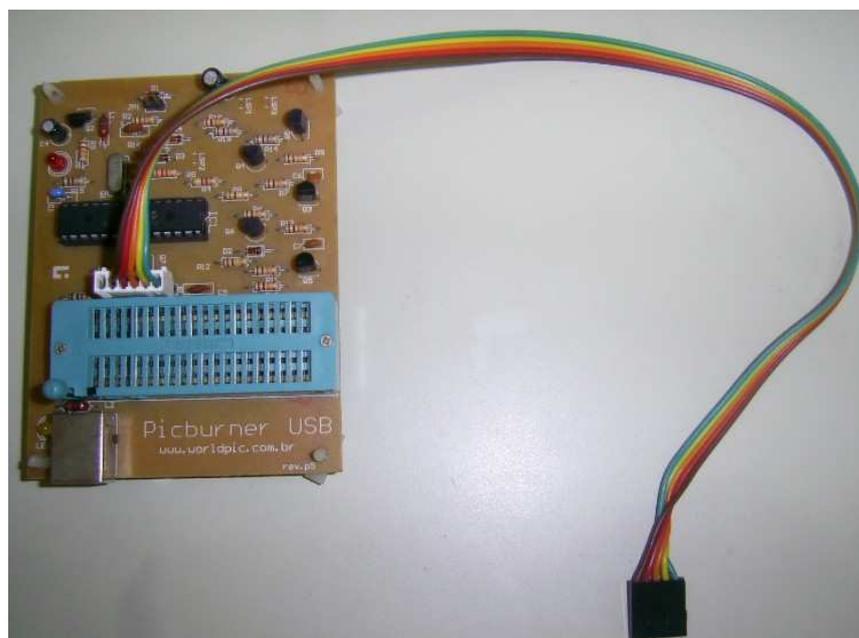


Figura 37. Gravador para microcontroladores PIC.

A cela Braille do KnowTouch é formada por seis bobinas solenóides, dispostas em 3 linhas e 2 colunas, e por seis pinos, cada um destes compostos por uma pequena barra de aço combinada com uma barra de plástico. A Figura 38 ilustra o desenho esquemático da cela Braille do KT.

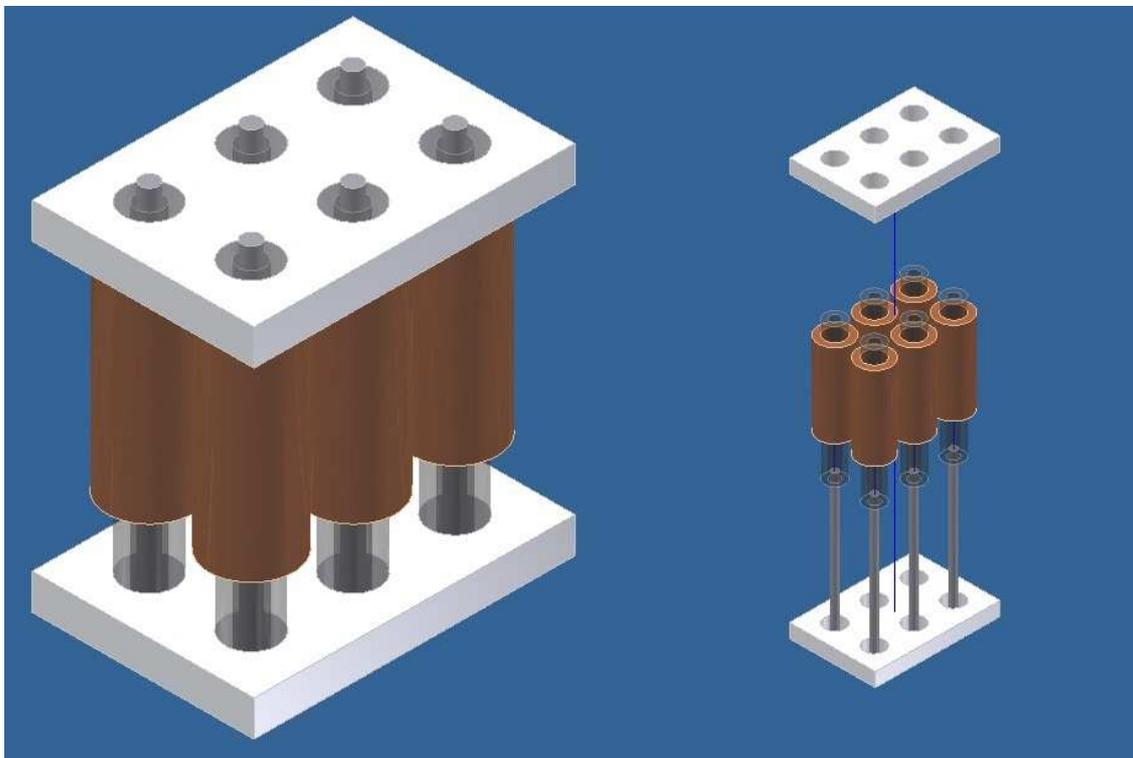


Figura 38. Desenho esquemático da cela Braille do KnowTouch.

Não foram encontrados no mercado bobinas e pinos que atendessem às especificações do projeto do KT, portanto ambos foram confeccionados no decorrer dessa monografia. A Figura 39 resume o processo de fabricação de uma cela Braille.

Cada bobina é acionada por um transistor TIP [42] que funciona como uma chave semicondutora permitindo ou não a passagem de corrente. Cada transistor é acionado por um resistor em sua base para assegurar a corrente de base adequada ao acionamento do TIP.

O cristal, presente no primeiro *ProtoBoard*, serve para fixar uma frequência (4MHz) de operação (*clock*) do microcontrolador.

Os resistores maiores, localizados no segundo *ProtoBoard*, são resistores que determinam a corrente máxima - 0,8 A - que passará através das bobinas.

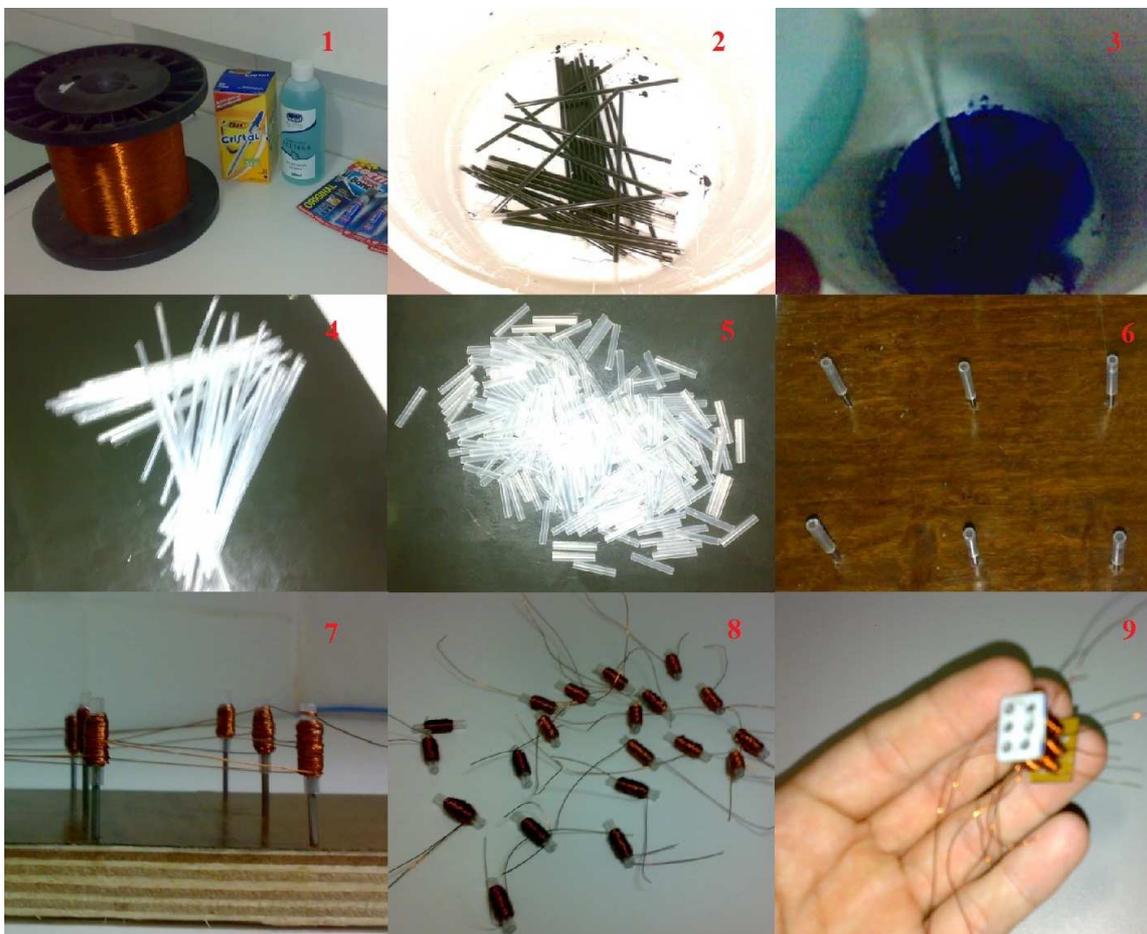


Figura 39. Resumo do processo de fabricação de uma cela Braille. (1) Materiais utilizados; (2) Cargas de canetas esferográficas; (3) Remoção da tinta das cargas de canetas com acetona; (4) Cargas de canetas sem tinta; (5) Cargas cortadas em tubos de 2 cm de comprimento; (6) Fixação dos tubos em um suporte auxiliar; (7) Fio de cobre enrolado por volta de cada tubo, aproximadamente 200 voltas; (8) Remoção das bobinas do suporte auxiliar; (9) Cela Braille montada.

4.2 Software Embarcado

O *firmware* desenvolvido para o KT foi programado na linguagem C utilizando o programa *mikroC* [43] - que é disponibilizado gratuitamente na internet. A linguagem C torna-se vantajosa na programação de sistemas embarcados devido seu maior nível de abstração quando comparada com a linguagem mnemônica (*assembly*).

O programa utilizado no KT tem como objetivo de controlar o acionamento dos pinos, comunicar-se com o computador, gerenciar arquivos em memória interna e fazer a leitura das teclas pressionadas pelo usuário, bem como tratar as respectivas solicitações das teclas.

Para o acionamento dos pinos foi utilizada a estratégia de multiplexação no tempo. Todos os pinos de uma determinada cela Braille são acionados simultaneamente por um determinado intervalo de tempo. Em seguida, a próxima cela é acionada pelo mesmo intervalo de tempo. Essa seqüência se segue até que a última cela seja acionada, então o processo reinicia a partir da primeira cela. Fazendo com que o intervalo de acionamento entre uma cela e outra seja muito pequeno é possível dar a impressão de que todos os pinos são acionados ao mesmo tempo.

Uma vez que todos os pinos se encontram levantados, o programa aciona um solenóide que é responsável por deslocar uma placa que funciona como trava de todos os pinos. Caso seja solicitada pelo usuário uma mudança no texto, o solenóide libera a placa que é puxada por uma mola para sua posição inicial. Enquanto a trava estiver acionada e o texto estiver disponível para o usuário o *firmware* se preocupa apenas em manter a comunicação com o computador e fazer a leitura do teclado.

A comunicação com o computador é feita utilizando-se o padrão de comunicação serial RS232 (CI MAX 232). Os terminais do CI serial RS 232 estão ilustrados na Figura 40. A comunicação ocorre da seguinte maneira: sempre que o computador precisa enviar um texto para o dispositivo KT ele envia um byte de início de transmissão seguido por mais 32 bytes que representam os caracteres que devem ser formados nas celas Braille e por mais um byte definido para fim de transmissão.

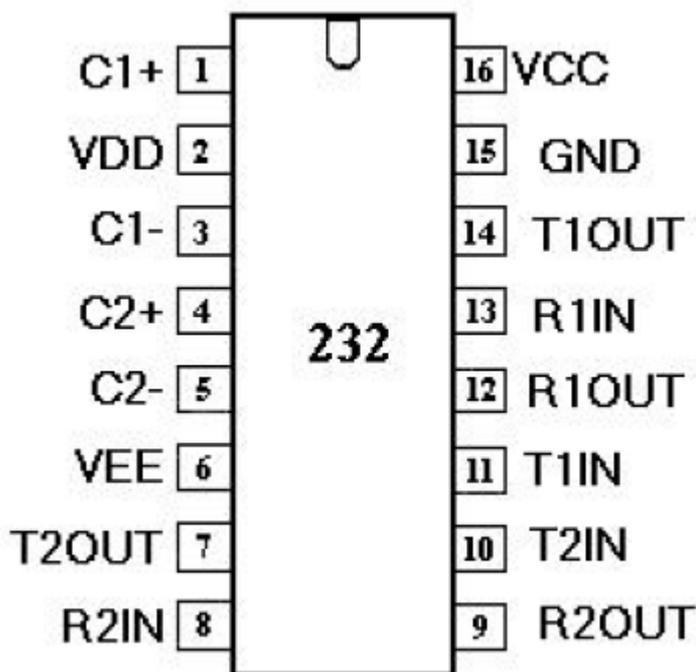


Figura 40. Terminais do CI MAX232 (serial RS232).

Através de uma interrupção, o microcontrolador cessa a atividade que está sendo executada no momento para receber os bytes de informação textual. Uma vez que esses 32 bytes de texto são recebidos, o dispositivo KT envia de volta ao computador um byte de resposta para sinalizar que a transferência de informação foi bem sucedida, formando assim uma espécie de protocolo de comunicação. Os valores (bytes) para este protocolo de comunicação foram escolhidos visando minimizar a probabilidade de erro de comunicação.

4.3 Testando o KnowTouch

Nessa seção serão apresentados os resultados obtidos a partir dos testes de tradução, de comunicação e de acionamento de uma cela Braille do KnowTouch.

4.3.1 Testes de tradução com o software tradutor

Foram realizados testes de tradução utilizando uma série de frases, extraídas do site do Instituto Benjamin Constant [44], e o *software* tradutor

desenvolvido nesse TCC conseguiu traduzir com êxito todos os textos utilizados para os seus correspondentes sinais em Braille.

As frases utilizadas para esses testes podem ser encontradas no Anexo C dessa monografia.

4.3.2 Testes de comunicação

Durante os testes realizados, a comunicação entre o *software* tradutor e o dispositivo físico funcionou corretamente. Em nenhum momento houve interrupção da comunicação e o tempo de resposta de uma mensagem enviada pelo *software* ao protótipo desenvolvido foi imperceptível ao usuário.

4.3.3 Testes de acionamento

Uma série de testes foi realizada e os resultados obtidos foram satisfatórios. O dispositivo recebeu do *software* tradutor os dados referentes ao texto digital a ser representado no sistema Braille e conseguiu definir corretamente o arranjo que a cela Braille deveria tomar, validando, dessa forma, o mecanismo de acionamento. A Figura 41 representa o acionamento de uma cela Braille.

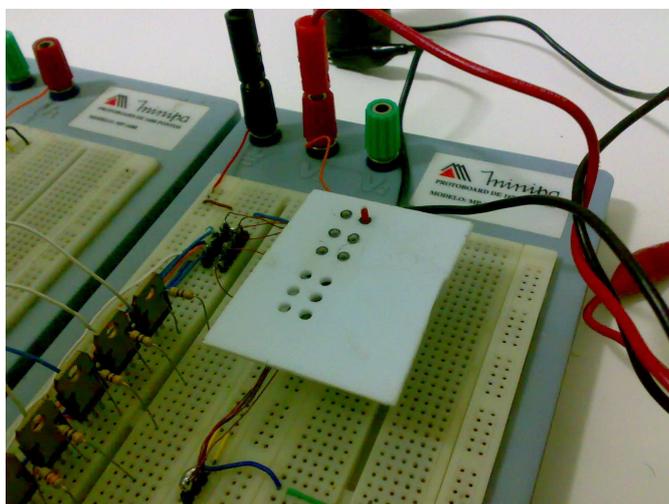


Figura 41. Cela Braille, com o pino “4” acionado, correspondente ao sinal Braille estenográfico “ar” (vide Anexo B).

Capítulo 5. Conclusão e Trabalhos Futuros

Este Trabalho de Conclusão de Curso apresentou a construção de uma Interface Humano-Máquina para leitura de documentos digitais por Deficientes Visuais.

5.1 Considerações Finais

A leitura é uma das atividades que permite a abertura das portas da imaginação, faz a nós humanos viajar ao infinito, nos faz quebrar barreiras e alcançar o inatingível. Através também da leitura têm-se acesso a educação e a muitos tipos de informação, conduzindo, dessa forma, a um processo contínuo de aprendizagem. No entanto, a deficiência visual oferece severa restrição para se ter acesso à leitura de forma plena. Sendo assim, como a leitura dos cegos é baseada em uma linguagem diferenciada e o acesso a material adaptado para essa linguagem ainda é muito limitado, o KnowTouch pode atuar como elo entre o usuário e este vasto mundo do saber, disponível em formato tangível.

Por estar cercado de inovações que vão desde a autonomia provida pelo *software* de conversão para Braille como apresentado no capítulo 3, até os componentes e tecnologias utilizados para a fabricação do dispositivo móvel, apresentado no capítulo 4. O KnowTouch mostra-se altamente relevante para a real inclusão do DV na sociedade, sendo capaz de lhes proporcionar um maior nível de independência.

Destaque-se ainda, a abrangência potencial do projeto que, independente de língua e nacionalidade, torna o KnowTouch um futuro produto com potencial para alcançar o mercado internacional. Isso juntamente ao seu baixo custo de produção pode vir a garantir uma perspectiva de competitividade bastante favorável frente aos produtos análogos.

O caráter social do KnowTouch poderá abrir muitas portas para a integração com instituições que assistem usuários potenciais do produto. Isso pode promover a criação de parceria com as mesmas para realização melhorias e até mesmo futuros projetos, contribuindo com a oferta de serviços por instituições cada vez mais socialmente responsáveis.

Com o uso do KT, espera-se que no Brasil o hiato existente entre o mercado e os deficientes visuais diminua. Fazendo com que o processo de inclusão dos mesmos na sociedade possa ser realizado de maneira mais rápida, justa e menos traumática. Visto que o próprio governo prevê a incorporação de atividades de auxílio à leitura e desenvolvimento profissionais aos deficientes visuais, por exemplo: projetos de alfabetização.

Os testes realizados indicam que o trabalho atendeu aos objetivos e expectativas, embora esteja claro que se tenha pela frente um grande trabalho de pesquisas e desenvolvimento para o aprimoramento do sistema.

5.2 Discussão

Não foi possível realizar testes de usabilidade com DVs, pois o protótipo ainda não atingiu nível suficiente de usabilidade. Ainda é necessário trabalhar para torná-lo mais anatômico e mais fácil de manusear.

Poderá haver uma demora de adaptação a leitura dos caracteres Braille no dispositivo desenvolvido, pois a sensibilidade do tato ao toque em uma folha de papel em relevo é diferente dos pinos que fazem o relevo no KT, sendo, entretanto bastante possível transposição em implementações de protótipos alfa.

O caráter experimental do projeto, com o não domínio completo das tecnologias empregadas, caracterizaram a necessidade de flexibilização do escopo. As dificuldades técnicas impostas pelo projeto e a falta de recursos para aquisição de equipamentos e matérias para a realização de testes de acionamento com outras tecnologias foram impedimentos que atrapalharam o seu progresso e impediram a confecção de um produto final.

5.3 Melhorias e Trabalhos futuros

Ao final desta monografia, algumas melhorias e trabalhos futuros foram identificados. São eles:

5.3.1 Adição de módulo de calibração ao sistema

A idéia é tornar o KT personalizável usando computação inteligente. Para que o sistema se torne adaptável ao usuário. Para isso, podem ser utilizados os conceitos de Cibernética [45], onde dependendo da resposta do usuário do KT o sistema calibra as suas próximas ações.

A mudança de texto atualmente é feita apertando o botão “*next*”, o objetivo dessa adição é fazer com que essa ação não seja obrigatoriamente necessária. O KT poderia coletar informações do uso do dispositivo pelo usuário por um determinado tempo e depois passaria a modificar por si só o conteúdo do texto apresentado (i.e. “*impresso*”).

O ritmo da mudança de páginas poderia ser definido pelas iterações do usuário, após um determinado tempo o KT assumiria o tempo ideal para o usuário, caso esse ritmo não fosse agradável o DV daria um *feedback* negativo ao KT, pressionado o botão “*back*” por exemplo, que por sua vez tentaria calibrar esse tempo de tal forma que com mais um tempo de uso o texto seria passado automaticamente no ritmo do usuário tornando mais agradável a utilização da ferramenta.

5.3.2 Adição de módulo de comunicação sonora

O menu sonoro do KnowTouch foi gravado pela sua equipe de desenvolvimento, a utilização de sintetizadores de voz tornaria o sistema mais completo e aplicável a outras necessidades especiais.

5.3.3 Adição de módulo de aprendizado Braille

O sistema de aprendizado poderia atender aos deficientes visuais que não possuam o conhecimento da leitura em Braille. Através da interação com o usuário, fazendo uso de recursos de áudio e reconhecimento de voz o KT poderia se tornar um excelente recurso para o aprendizado do Braille.

5.3.4 Adicionar módulo OCR de aquisição de conteúdo

Esse módulo seria um sistema de OCR (*Optical Character Recognition*), com um scanner embutido que na parte inferior do dispositivo móvel, quando posicionado sobre um livro, jornal ou revista permitiria a conversão instantânea do conteúdo para exibição em Braille no dispositivo.

5.3.5 Testar outros mecanismos de acionamento

Outros tipos de acionamentos, dos pinos Braille, poderiam ser desenvolvidos com o intuito de poder facilitar a leitura dos caracteres pelo DV, bem como reduzir o tamanho do dispositivo e, conseqüentemente, melhorar a sua portabilidade.

Outras possibilidades de alto-relevo poderiam ser utilizadas, como por exemplo, a utilização de deformações piezoelétricas [46] ou a utilização de polímeros eletroativos [47].

5.3.6 Realização de testes reais

Realizar testes de usabilidade da interface desenvolvida junto a profissionais que atuem na educação de deficientes visuais e validação com deficientes visuais.

5.3.7 Implementação de um produto final

Por fim, é sugerida a construção de um protótipo experimental que resulte em um produto final da aplicação.

A construção de um dispositivo físico com a aplicação dos conceitos do *Universal Design* [48], que melhor se adaptasse as capacidades do usuário, aumentaria a aceitação do produto pelos DVs.

Bibliografia

1. SAÚDE, Organização Mundial de. **Magnitude and causes of visual impairment.** Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/en>>. Acesso em: 15 de Janeiro de 2010.
2. VANDERHEIDEN, G. C. **Thirty-Something Million: Should They be Exceptions? Human Factors.** Santa Monica: Human Factors and Ergonomics Society, 1990, Vol. 32. 383-396.
3. LEMOS, E. R., et al. **Louis Braille Sua Vida e Seu Sistema.** 2ª edição, revisada e ampliada, São Paulo: Fundação Dorina Nowill para Cegos, 1999, Vol. Edição Comemorativa 190 Anos do Nascimento de Louis Braille.
4. BAPTISTA, José António Lages Salgado. **A invenção do Braille e a sua Importância na Vida dos Cegos.** Lisboa: s.n., 2000. ISBN: 972-98660-0-7.
5. CONSTANT, Instituto Benjamin. **Vocabulário Braille, Conceituação Básica.** Disponível em: <<http://www.ibc.gov.br>>. Acesso em: 17 de Fevereiro de 2010.
6. EDUCATION, The New York Institute for Special. **Blindness Resource Center Page.** Disponível em: <<http://www.nyise.org/blind.htm>>. Acesso em: 20 de Janeiro de 2010.
7. ELETRÔNICA, Núcleo de Computação. **Projeto DOSVOX.** Projetos de acessibilidade do NCE/UFRJ. Disponível em: <<http://intervox.nce.ufrj.br/dosvox/>>. Acesso em: 16 de Janeiro de 2010.
8. MICROPOWER. **Virtual Vision.** Acessibilidade para Deficientes Visuais. Disponível em: <<http://www.micropower.com.br/v3/pt/acessibilidade/vv6/index.asp>>. Acesso em: 18 de Fevereiro de 2010.
9. PITT, I. J. e EDWARDS, A. D.N. **Improving the usability of speech-based interfaces for blind users.** Vancouver: ACM conference on Assistive technologies, 1996. Proceedings, p. 124 –130.

10. RODRIGUES, Carlos Eduardo M. **Um Dispositivo Háptico de Auxílio à Navegação para Deficientes Visuais**. Trabalho de Graduação Submetido ao Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Ciências da Computação. Recife : s.n., 2006.
11. SHAMS, L. **A visual illusion induced by sound**. New York : Multisensory Research Conference, 2000. Proceedings.
12. SHORE, D. I., SPENCE, C. e KLEIN, R. M. **Prior entry: previous confounds and novel findings using an orthogonal design**. New York : Multisensory Research Conference, 2000. Proceedings.
13. ROCHA, Hilton, e GONÇALVES, Elisabeto Ribeiro. **Ensaio Sobre a Problemática da Cegueira**. Belo Horizonte, 1987. Fundação Hilton Rocha.
14. CARVALHO, K.M.M., et al. **Visão Subnormal - Orientação ao Professor do Ensino Regular**. In: Castro DDM, edit. Visão Subnormal. Rio de Janeiro: Editora Cultura Médica; 1994. p 155-63.
15. CONSTANT , Instituto Benjamin. **REVISTA BENJAMIN CONSTANT nº 01**, Rio de Janeiro, 1996, ISSN 1984-6061.
16. GLINERT, E. P. e YORK, B. W. **Computers and People with Disabilities**. n. 5, New York : Communications of the ACM, 1992, Vol. 35. p. 32-35.
17. **DECRETO Nº 5.296**. BRASIL, 2004. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004>. Acesso em: 08 de Janeiro de 2010.
18. BRASIL, **Lei 10048**. Presidência da República. Disponível em: <http://www.presidencia.gov.br/ccivil_03/Leis/L10048.htm>. Acesso em: 22 de Janeiro de 2010.
19. BRASIL, **Lei 10098**. *Presidência da República*. Disponível em: <http://www.presidencia.gov.br/ccivil_03/Leis/L10098.htm>. Acesso em: 22 de Fevereiro de 2010.
20. **SECTION 508**. EUA, 1998. Disponível em: <<http://www.section508.gov>>. Acesso em: 12 de Janeiro de 2010.

21. ASSOCIATIVOS, Grupo de Estudos Sociais, Tiflológicos e .
Dimensão da célula Braille Disponível em:
<<http://www.gesta.org/braille/dimensao.htm>>. Acesso em: 21 de Fevereiro de 2010.

22. RASKIN, J. ***The Humane Interface: New Directions for Designing Interactive Systems***. New York, USA : ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., 2000.

23. AMORIM, Thiago. **Uma Micro introdução - HCI. Interface Homem-Computador**, 2009. Disponível em: <<http://pt-br.wordpress.com/tag/interface-homem-computador/>>. Acesso em: 18 de Fevereiro de 2010.

24. HIRATSUKA, Tei Peixoto. **Contribuições da Ergonomia e do Design na Concepção de Interfaces Multimídia**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1996. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/disserta96/tei/index/index.htm#sumario>>. Acesso em: 11 de Janeiro de 2010.

25. SHNEIDERMAN, Ben e Plaisant, Catherine. ***Designing the User Interface: Strategies for Effective Human Computer Interaction***. Addison-Wesley.

26. GNOME. ***Gnome Accessibility Project***. Disponível em: <<http://developer.gnome.org/projects/gap/guide/gad>>. Acesso em: 13 de Fevereiro de 2010.

27. SUTCLIFFE, A. ***Human-Computer Interface Design***. s.l. : Springer-Verlag, 1989.

28. CAT, Comitê de Ajudas Técnicas , Brasília, 2007, **Ata da Reunião VII. Secretaria Especial dos Direitos Humanos da Presidência da República (CORDE/SEDH/PR)**. Disponível em: <http://www.mj.gov.br/corde/arquivos/doc/Ata_VII_Reunião_do_Comite_de_Ajudas_Técnicas>. Acesso em: 12 de Janeiro de 2010.

29. AFB, *American Foundation for the Blind*. **Braille Displays**. Disponível em: <<http://www.afb.org/ProdBrowseCatResults.asp?CatID=43>>. Acesso em: 06 de Abril de 2010.

30. FAGUNDES, Cleonice. **Tecnologias Assistivas em Geral**. Disponível em: <<http://tecnologiasassistivaemgeral.pbworks.com/>>. Acesso em: 10 de Janeiro de 2010.

31. MELCA, Fátima Azeredo. **Acessibilidade: o desafio da evolução digital?** s.l. : Instituto Benjamin Constant.

32. SCIENTIFIC, Freedom. **JAWS for Windows® Screen Reading Software**. Disponível em: <<http://www.freedomscientific.com/products/fs/jaws-product-page.asp>>. Acesso em: 16 de Janeiro de 2010.

33. SCIENTIFIC, Freedom. **MAGic® Screen Magnification Software**. Disponível em: <<http://www.freedomscientific.com/products/lv/magic-bl-product-page.asp>>. Acesso em: 16 de Janeiro de 2010.

34. ZoomText. *Aisquared*. Disponível em: <<http://www.aisquared.com/zoomtext/>>. Acesso em: 20 de Fevereiro de 2010.

35. OLIVEIRA, André Schneider de e ANDRADE, Fernando Souza de. **Sistemas Embarcados - Hardware e Firmware na Prática**. São Paulo : Érica Ltda., 2006.

36. DIBNER, Bern. **Oersted and the discovery of electromagnetism**. New York : Blaisdell, 1962.

37. HALLIDAY, D., RESNICK, R. e WALKER, J. **Fundamentos de Física: Eletromagnetismo**. Rio de Janeiro : Livros Técnicos e Científicos - LTC.

38. EDUCAÇÃO, UOL. **Campo Magnético - Lei de Ampère**. Disponível em: <<http://educacao.uol.com.br/fisica/campo-magnetico-lei-de-ampere.jhtm>>. Acesso em: 02 de Março de 2010.

39. CERQUEIRA, Jonir Bechara, et al. **Estenografia Braille para a Língua Portuguesa**. Secretaria de Educação Especial. Brasília: SEESP, 2006.

40. ONU, Organização das Nações Unidas. **Declaração dos Direitos da Pessoa Deficiente**. 1975. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/dec_def.pdf>. Acesso em: 14 de Maio de 2010.

41. FABULATECH. **Virtual Serial Port Kit**. Disponível em: <<http://www.virtual-serial-port.com/downloads.html/>> Acesso em: 14 de Maio de 2010.

42. SEMICONDUCTOR, On **TIP 122**. Disponível em: <http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/T/I/P/1/TIP122.shtml/>. Acesso em: 14 de Maio de 2010.

43. MIKROELEKTRONIKA. **mikroC for PIC**. Disponível em: <www.mikroe.com/eng/products/view/411/mikroc-for-pic/>. Acesso em: 14 de Maio de 2010.

44. CONSTANT, Instituto Benjamin. **A nova Grafia: Modo de Contraste**. A Nova Grafia Braille: Observações e Normas de Aplicação. Disponível em: <<http://www.ibr.gov.br/?catid=110&blogid=1&itemid=479/>>. Acesso em: 14 de Maio de 2010.

45. WIENER, Norbert. **Cybernetics: or Control and Communication in the Animal and the Machine**. 2nd ed. Cambridge, MA: MIT Press, 1965. ISBN: 9780262730099.

46. Smithmaitrie, Pruittikorn. **Analysis and Design of Piezoelectric Braille Display**. Tailândia, 2009. *Prince of Songkla University*.

47. KIM, Kwang J. e TADOKORO, Satoshi. **Electroactive Polymers for Robotic Applications: Artificial Muscles and Sensors**. Londres, 2007. Ed. Springer-Verlag. ISBN: 978-1-84628-371-0.

48. UDESIGN. **Guidelines for Use of the Principles of Universal Design**. Universidade Estadual da Carolina do Norte. Disponível em: <http://design.ncsu.edu/cud/univ_design/principles/udprinciples.htm/> Acesso em: 18 de Maio de 2010.

Apêndice 1

Pseudocódigos das Principais Regras de Codificação Braille

CODIFICAÇÃO DE LETRAS MAIÚSCULAS:

Rotina para verificar texto:

Verifica se a palavra inicia com letra maiúscula:

NÃO: PRÓXIMA PALAVRA

SIM: Verificar se a próxima letra é maiúscula:

NÃO: Primeiro caso: Palavra iniciada com maiúsculo. Insere caractere Braille (46) e segue para a próxima palavra (procurar caractere após espaço em branco).

SIM: Verificar se a próxima palavra inicia com maiúscula:

NÃO: Segundo caso: Palavra toda em maiúscula. Inserir 2 caracteres Braille antes da palavra: (46)(46) e vai para a próxima palavra

SIM: Verificar se a próxima letra é maiúscula:

NÃO: Inserir (46)(46) na primeira palavra e execute P4 (Primeiro caso) na segunda palavra.

SIM: Terceiro caso: Frase toda em maiúscula. Inserir (25)(46)(46) antes da palavra e procurar pelo próximo caractere em minúsculo.

Encontrou caractere minúsculo:

Volta até o último caractere em maiúsculo e insere (46)(46) antes da palavra.

Verificar próxima palavra.

DELIMITAÇÃO DE CONTEXTO INFORMÁTICO:

Rotina para verificar texto:

Verificar se palavra inicia com "www." ou "http://"

NÃO: PRÓXIMA PALAVRA

SIM: Inserir antes da palavra o delimitador de contexto informático: (5)(2) e procurar por um caractere em branco (espaço).

Encontrou espaço:

Inserir depois da palavra (antes do espaço) o delimitador de contexto informático: (5)(2).

Verificar próxima palavra.

CODIFICAÇÃO DOS NUMERAIS

Rotina para verificar texto:

Verificar se o caractere é um número:

NÃO: PRÓXIMO CARACTERE

SIM: Verifica se a palavra contém pelo menos uma letra e/ou símbolo misturado ao(s) número(s) (virgula e ponto não contam):

NÃO: Inserir caractere Braille (3456) antes do numero.

SIM: Quando números ou letras e números se articulam numa só sucessão, os números são sempre precedidos do sinal. Inserir (3456) antes de cada grupo de números.

Verificar próxima palavra.

TRANSLINEAÇÃO E TRANSPAGINAÇÃO

Rotina para verificar texto:

Verifica se está na primeira linha da tela:

NÃO: Ir para a rotina de TRANSPAGINAÇÃO.

SIM: Ir para a rotina de TRANSLINEAÇÃO.

TRANSLINEAÇÃO

Verifica se está na última coluna da primeira linha:

NÃO: Verifica se a palavra a ser adicionada pode ser contida nas colunas restantes da linha:

NÃO: Adiciona caracteres até a penúltima coluna da primeira linha, insere o sinal Braille de Translineação (5) e caminha para a segunda linha.

SIM: Acrescenta palavra na tela.

SIM: Verifica se é o final da palavra:

NÃO: Acrescenta o sinal Braille de Translineação (5) e caminha para a segunda linha.

SIM: Vai para a próxima linha.

Verificar próxima palavra.

TRANSPAGINAÇÃO

Verifica se está na última coluna da tela:

NÃO: Verifica se a palavra a ser adicionada pode ser contida nas colunas restantes da linha:

NÃO: Adiciona caracteres até a penúltima coluna da segunda linha, insere o sinal Braille de Transpaginação (5) e armazena o restante da palavra para ser apresentada na primeira linha após o usuário pressionar o botão "Next".

SIM: Acrescenta palavra na tela.

SIM: Verifica se é o final da palavra:

NÃO: Acrescenta o sinal Braille de Transpaginação (5) e aguarda usuário pressionar o botão “Next” para apresentar a palavra na primeira linha.

SIM: Aguarda usuário pressionar o botão “Next” para fazer nova verificação.

Verificar próxima palavra.

Anexo A

Quadro de Abreviaturas (Ordem Alfabética)

A numeração dos pontos de uma cela Braille se faz de cima para baixo, da esquerda para a direita:

1 4

2 5

3 6

Em certas situações, como na produção de tabelas de sinais, por exemplo, existe a necessidade de se descrever um símbolo Braille pela numeração de seus pontos. A leitura, entretanto, deve ser feita algarismo por algarismo para tornar clara a descrição. Ex.: **é (123456)** e se lê: pontos um, dois, três, quatro, cinco, seis. Uma cela vazia é representada pelo numeral 0 (zero).

agora (1245)

além (1 123456)

algum (1 1245)

aliás (1 12356)

amanhã (1 345)

ante (2456)

apenas (1 1234 1345)

apesar (1 1234)

aquele (1 12345 15)

ária (5 12356)

as (1 46)

atividade (1 2345 1236 145)

através (1 356 1236)

base (12 15)

bem (12)
Braille (23 123)
Brasil (46 12 1235)
cada (14 145)
campo (14 135)
capaz (14 1356)
caso (14 234)
cego (14 1245)
certamente (14 236 134)
certeza (14 236 1356)
certo (14 236)
coisa (14 1)
com (14)
como (14 134)
condição (25 145)
corpo (14 1234)
de (145)
depois (145 1234)
desde (145 145)
desejo (145 245)
diferença (145 124 1235)
diferente (145 124 1235 2345)
difícil (145 124)
dificuldade (145 124 145)
diverso (145 1236)
durante (145 1236 2345)
efeito (15 124)
eira (5 15)
ele (123)
embora (256 12)
enquanto (26 12345 2345)
entre (26 15)
especial (15 14 123)
especialmente (15 14 123 134)

espécie (15 14)
este (15 15)
evidência (15 1236 14)
exemplo (15 1246)
experiência (1346 1234 14)
fácil (124 14)
fato (124 2345)
fica (5 124)
fico (4 124)
filho (124 125)
fim (124)
fora (124 1)
força (124 135)
forma (124 134)
formação (124 134 12346)
fundamental (124 145 134 2345 123)
governo (1245 1236 1345)
grupo (12456 1234)
hoje (125 245)
homem (125 134)
idéia (24 145)
imediatamente (24 134 134)
imediatamente (24 134)
isto (24 2345)
já (245)
jamais (245 134)
jovem (245 1236)
juízo (245 1356)
lado (123 145)
lhe (125 15)
logo (4 123)
longo (123 1245)
lugar (123 1235)
maior (1235)

matéria (134 2345 1235)
material (134 2345 1235 123)
me (134)
melhor (134 1235)
menino (134 1345 1345)
menor (134 1345 1235)
menos (134 1345)
menta (5 134)
mente (56 134)
mento (4 134)
modo (134 145)
movimento (134 1236 134 2345)
muito (134 2345)
mulher (134 125)
nada (1345 145)
não (1345)
natural (1345 2345 123)
natureza (1345 2345 1356)
necessariamente (1345 14 1235 134)
necessário (1345 14 1235)
necessidade (1345 14 145)
nenhum (1345 1345)
nica (5 1345)
nico (4 1345)
nosso (1345 234)
novo (1345 1236)
numa (1345 134)
número (1345 1235)
nunca (1345 14)
objetivo (135 245 2345 1236)
objeto (135 245 2345)
observação (135 12 1236 12346)
onde (135 15)
ontem (135 2345)

opinião (135 1234)
ordem (135 145)
os (13456)
ou (1256)
outro (1256 135)
palavra (1234 1)
papel (1234 1234)
para (1234 1235)
parte (1234 15)
pelo (1234 123)
pensamento (1234 234 134 2345)
pequeno (1234 12345 1345)
ponto (1234 2345)
por (1234)
porém (1234 134)
porque (1234 12345)
portanto (1234 2345 2345)
Portugal (46 1234 2345 1245 123)
português (1234 2345 1245)
posição (1234 12346)
possibilidade (1234 12 145)
possível (1234 1236 123)
pouco (1234 14)
primeiro (235 1235)
principal (234 14 123)
princípio (235 14)
produção (235 145 12346)
produto (235 145)
projeto (235 245 2345)
propriedade (235 235 145)
próprio (235 235 135)
qual (12345 123)
qualquer (12345 12345)
quando (12345 145)

quantidade (12345 2345 145)
quanto (12345 2345)
quase (12345 234)
que (12345)
quem (12345 134)
quer (12345 1235)
razão (1235 1356)
realidade (1235 123 145)
realização (1235 123 1356 12346)
relação (3 123 12346)
respeito (1235 1234 2345)
rica (5 1235)
ricamente (5 1235 56 134)
rico (4 1235)
se (234)
século (234 14 123)
seguinte (234 1245 2345)
segundo (234 1245)
sempre (234 1234)
senhor (234 1235)
sentido (234 2345 145 135)
simples (234 1246)
sistema (234 2345 134)
sobretudo (234 2345)
sua (234 1)
sujeito (234 245 2345)
talvez (2345 1236)
também (2345 12)
tanto (2345 2345)
te (2345)
tempo (2345 1234)
todavia (2345 145 1236)
todo (2345 145)
trabalho (356 125)

tudo (2345 135)

último (23456 2345 134)

um (136)

valor (1236 123)

vantagem (1236 2345 1245)

verdade (1236 145)

verdadeiro (1236 145 1235)

vez (1236 1356)

vida (1236 1)

visto (1236 2345)

você (1236 14)

Anexo B

Quadro de Estenografia

1. Sinais Simples

Ocupam só uma cela Braille e representam grupos de letras de uma mesma sílaba. Excetua-se o sinal (2456) que, representando o grupo de letras ante, abrange duas sílabas.

Grupos de letras, sinais, posição em que o sinal pode ser adotado. O último item obedece à seguinte legenda:

p. princípio

m. meio

f. fim

a.c. antes de consoante

a.v. antes de vogal

a.c.v. antes de consoante e vogal

al (13) p.m., a.c.; f.

am (345) p.m., a.c.

an (2) p.m., a.c.

ante (2456) p., a.c.v.; f.

ão (3456) m., a.c.; f.

ar (4) m., a.c.; f.

as (146) p.m., a.c.; f.

br (23) p.m., a.v.

con (25) p.m., a.c.

em (256) p.m., a.c.; f.

en (26) p.m., a.c.

er (236) m., a.c.

es (156) p.m., a.c.; f.

eu (5) m., a.c.; f.
ex (1346) p.m., a.c.
fr (16) p.m., a.v.
gr (12456) p.m., a.v.
im (246) p.m., a.c.; f.
ir (46) m., a.c.; f.
is (2346) p.m., a.c.; f.
lh (125) m., a.v.
nh (2356) m., a.v.
or (56) m., a.c.; f.
os (13456) p.m., a.c.; f.
ou (1256) p.m., a.c.; f.
pl (1246) p.m., a.v.
pr (235) p.m., a.v.
qu (12345) p.m., a.v.
re (3) p., a.c.v.
tr (356) p.m., a.v.

2. Sinais Compostos

Sinais Compostos – ocupam duas celas Braille e representam grupos de letras distribuídas por mais de uma sílaba.

Estes sinais correspondem a terminações muito freqüentes e são constituídos pela letra inicial do grupo que representam, precedida de um elemento caracterizador que é sempre da 7ª série.

O sinal (4) indica o gênero masculino; o sinal (5) indica o gênero feminino; os sinais (46) e (56) indicam, respectivamente, as terminações em -dade e em -mente.

ância (5 16)
âncio (4 16)
ária (5 12356)
ário (4 12356)
dade (46 145)

eira (5 15)
eiro (4 15)
ência (5 126)
êncio (4 126)
éria (5 123456)
ério (4 123456)
fica (5 124)
fico (4 124)
gica (5 1245)
gico (4 1245)
loga (5 123)
logo (4 123)
menta (5 134)
mente (56 134)
mento (4 134)
nica (5 1345)
nico (4 1345)
ória (5 346)
ório (4 346)
rica (5 1235)
rico (4 1235)
tica (5 2345)
tico (4 2345)

Anexo C

Frases utilizadas nos testes de tradução e seus respectivos sinais em Braille

www.acapo.pt
 http://www.perkins.pvt.k12.ma.us
 ibc@infolink.com.br

A B C D E F
 Amazonas Tejo Atlântico

Silveira & Cia.
 Brito & Gomes

cloro + brometo de potássio → cloreto de potássio
 direitos ↔ deveres

⠠⠠⠠⠠ 1	um
⠠⠠⠠⠠ 2	dois
⠠⠠⠠⠠ 3	três
⠠⠠⠠⠠ 4	quatro
⠠⠠⠠⠠ 0	zero
⠠⠠⠠⠠⠠ 20	vinte
⠠⠠⠠⠠⠠⠠ 181	cento e oitenta e um
⠠⠠⠠⠠⠠⠠ 543	quinhentos e quarenta e três
⠠⠠⠠⠠⠠⠠ 809	oitocentos e nove

⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠ 10.000	
⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠ 4.000.000	
⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠ 0,325.01	
⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠ 35.087,125.05	
⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠ 3,0125	

⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠ 17-09-54	
⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠ 1809-1852	
⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠ 25 12 97	
⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠ 5.2.1	
⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠ 2/4	
⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠ 10/09/2001	
⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠ 5-1°	

⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠ R\$45,00	45 reais
⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠ R\$10,50	10 reais e cinquenta centavos
⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠ R\$0,80	80 centavos
⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠ R\$1.000,00	1.000 reais
⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠ 45\$00	45 escudos
⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠ 110\$80	110 escudos e 80 centavos
⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠ 0\$50	50 centavos de escudo

⠠⠠⠠⠠⠠⠠ 5%	5 por cento
⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠ 4,5 ‰	4,5 por mil

⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠ S.O.S.

0,75 4,5 7639,125

28-A
4D

PROBLEMAS ATUAIS DA FILOSOFIA

22-04-1500
07/09/1822
04-01-99
15/11/2001

Os títulos que se seguem correspondem a publicações periódicas em braille:

- “Revista Brasileira para Cegos”
- “Poliedro”, revista de tiflogia e cultura
- “Pontinhos”, revista infanto-juvenil
- “Ponto e Som”, cultura e informação

“Auriverde pendão de minha terra,
Que a brisa do Brasil beija e balança,
Estandarte que à luz do Sol encerra
As promessas divinas da Esperança...”