

Matemática acessível

Ferramentas computacionais para o ensino de matemática para alunos com deficiência visual

José Antonio dos Santos Borges

Angélica Fonseca da Silva Dias

ORGANIZADORES

Volume II

encontrografia

Matemática acessível

Ferramentas computacionais para o ensino de matemática para alunos com deficiência visual

José Antonio dos Santos Borges

Angélica Fonseca da Silva Dias

ORGANIZADORES

Volume II

encontrografia

Copyright © 2026 Encontrografia Editora.

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução parcial ou total desta obra sem a expressa autorização da editora.

EDITOR CIENTÍFICO

Décio Nascimento Guimarães

EDITORA ADJUNTA

Carolina Gonçalves Caldas

DESIGN

Diagramação: Carolina Caldas

Design de capa: Nadini Mádhava

REVISÃO

Alexi Ravi Virgínia (Estagiário)

Paula Vigneron (Supervisora)

REVISÃO (AD HOC)

Ana Lucia da Costa Rodrigues (Revisora do texto)

Marcia de Oliveira Cardoso (Revisora técnica)

EQUIPE TÉCNICA (AD HOC)

Julio T. C. da Silveira (Consultor em Educação a Distância e Tecnologia)

Luigi Amorim (Autor: tema AsciiMath)

Oswaldo Vernet (Consultor em Tecnologia e matemática)

Patrick Silva Barbosa (Revisor em Acessibilidade)

Thiago Duarte (autor: tema Braille)

CONSULTORIA E AVALIAÇÃO EM AUDIODESCRIÇÃO

Décio Nascimento Guimarães

PROJETO DE ACESSIBILIZAÇÃO GRÁFICA

Décio Nascimento Guimarães

Carolina Gonçalves Caldas

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecária Juliana Farias Motta CRB7/5880

M425

Matemática acessível: ferramentas computacionais para o ensino de matemática para alunos com deficiência visual (Volume II) [recurso eletrônico] / Organizadores José Antonio dos Santos Borges, Angélica Fonseca da Silva Dias. -- Campos dos Goytacazes (RJ): Encontrografia, 2026.

4.260 kb

ISBN: 978-65-5456-206-5

1. Matemática - Estudo e ensino. 2. Aprendizagem. I. Dias, Angélica Fonseca da Silva. II. Título: ferramentas computacionais para o ensino de matemática para alunos com deficiência visual (Volume II)

CDD 510.7

DOI: 10.52695/978-65-5456-206-5

encontrografia

ENCONTROGRAFIA EDITORA COMUNICAÇÃO E ACESSIBILIDADE LTDA

Av. Alberto Torres, 371 - Sala 1101, Centro

Campos dos Goytacazes, RJ, 28035-581 | Tel: (22) 2030-7746

www.encontrografia.com | editora@encontrografia.com

Comitê científico/editorial

Prof. Dr. Antonio Hernández Fernández – UNIVERSIDAD DE JAÉN (ESPANHA)
Prof. Dr. Carlos Henrique Medeiros de Souza – UENF (BRASIL)
Prof. Dr. Casimiro M. Marques Balsa – UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA (PORTUGAL)
Prof. Dr. Cássius Guimarães Chai – MPMA (BRASIL)
Prof. Dr. Daniel González – UNIVERSIDAD DE GRANADA (ESPANHA)
Prof. Dr. Décio Nascimento Guimarães – IFF (BRASIL)
Prof. Dr. Douglas Christian Ferrari de Melo – UFES (BRASIL)
Prof. Dr. Eduardo Shimoda – UCAM (BRASIL)
Prof.^a Dr.^a Emilene Coco dos Santos – IFES (BRASIL)
Prof.^a Dr.^a Fabiana Alvarenga Rangel – UFES (BRASIL)
Prof. Dr. Fabrício Moraes de Almeida – UNIR (BRASIL)
Prof.^a Dr.^a Fernanda Luísa de Miranda Cardoso – IFRS (BRASIL)
Prof. Dr. Francisco Antonio Pereira Fialho – UFSC (BRASIL)
Prof. Dr. Francisco Elias Simão Merçon – FAFIA (BRASIL)
Prof.^a Dr.^a Gisele Pessin - UENF (BRASIL)
Prof. Dr. Iêdo de Oliveira Paes – UFRPE (BRASIL)
Prof. Dr. Javier Vergara Núñez – UNIVERSIDAD DE PLAYA ANCHA (CHILE)
Prof. Dr. José Antonio Torres González – UNIVERSIDAD DE JAÉN (ESPANHA)
Prof.^a Dr.^a Margareth Vetis Zaganelli – UFES (BRASIL)
Prof.^a Dr.^a Martha Vergara Fregoso – UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA (MÉXICO)
Prof.^a Dr.^a Patrícia Teles Alvaro – IFRJ (BRASIL)
Prof.^a Dr.^a Rita de Cássia Barbosa Paiva Magalhães – UFRN (BRASIL)
Prof. Dr. Rogério Drago – UFES (BRASIL)
Prof.^a Dr.^a Shirlena Campos de Souza Amaral – UENF (BRASIL)
Prof. Dr. Wilson Madeira Filho – UFF (BRASIL)

Este livro passou por avaliação e aprovação às cegas de dois ou mais pareceristas *ad hoc*.

Notas sobre acessibilidade digital

Este livro foi concebido para ser totalmente acessível a pessoas com deficiência visual. Todos os textos foram preparados para serem lidos através da versão digital deste texto usando um leitor de telas genérico junto com um exibidor de PDF, ou através do sistema Dosvox, a partir de uma conversão automática para o formato texto.

No tocante às figuras, uma descrição razoavelmente detalhada foi fornecida para cada uma delas. As descrições são também disponibilizadas num arquivo digital à parte, em formato de texto, que pode ser lido sequencialmente junto com os dois volumes que compõem este texto, ou fazendo uma busca simples a partir do número da figura.

Uma versão atualizada do arquivo de descrição das figuras dos dois volumes deste livro pode ser encontrada no *site*:

https://intervox.nce.ufrj.br/~antonio2/matematica_acessivel

Sumário

Prefácio	11
Capítulo 1	
Treinando a escrita e leitura de braille com o Brailendo	13
Capítulo 2	
Braille matemático avançado	23
Capítulo 3	
Digitando símbolos matemáticos no Brailendo	30
Capítulo 4	
Editoração simplificada de braille matemático no Braille Fácil .	46
Capítulo 5	
Geração avançada de Matemática braille através do Brailendo .	63
Capítulo 6	
Os deficientes visuais e a dificuldade de acesso às informações gráficas	82
Capítulo 7	
Técnicas para construções gráficas táteis acessíveis: adaptações utilizando caracteres em braille	104
Capítulo 8	
As pessoas cegas podem desenhar? Considerações e metodologia sobre como desenhar sem ver	140
Epílogo	
Com agradecimentos	180

Prefácio

Por mais de cem anos, a única alternativa para o ensino de Matemática a alunos com deficiência visual foi o Braille criado por Louis Braille no século XIX. No entanto, mesmo essa possibilidade alcançava poucos estudantes, pois apenas escolas especializadas — dedicadas exclusivamente ao ensino fundamental — dispunham de professores habilitados a usar com proficiência a escrita matemática em Braille. O resultado foi uma precariedade histórica no ensino de Matemática para essas pessoas.

Essa realidade começou a se transformar com a Lei Brasileira de Inclusão e o uso intensivo da tecnologia computacional. Em poucos anos, milhares de pessoas cegas chegaram às universidades. Mas a minoria que ingressou em cursos de exatas e tecnológicas enfrentou dois problemas cruciais: primeiro, escrever matemática no computador com ferramentas simples, usando uma escrita linear (semelhante à que programadores usam em editores de texto de linha de comando); segundo, ler textos matemáticos — próprios ou de outros — traduzindo-os em uma fala clara e representativa.

Infelizmente, as técnicas que resolvem esses problemas ainda são conhecidas por um número ínfimo de professores. Foi para enfrentar essa lacuna que nasceu o curso de extensão universitária que deu origem a este livro, que agora se apresenta como companheiro do nosso curso “Aplicação de ferramentas computacionais para apoio ao Ensino de Matemática para alunos com Deficiência Visual”. Desenvolvido dentro de uma iniciativa do Ministério da Educação, na modalidade a distância, com 180 horas e seis meses de duração, o curso alcançou milhares de alunos em suas duas reaplicações.

Agora, neste livro, reunimos o que aprendemos em muitos anos de criação de Tecnologia Assistiva para pessoas com deficiência visual. Nosso trabalho foi sintonizado com um problema muito claro: como formar professores habilitados a ensinar matemática para cegos e pessoas com baixa visão, de forma inclusiva e com o uso intensivo de ferramentas computacionais.

Apresentamos aos educadores critérios de atuação coerentes com as políticas correntes de educação inclusiva; desenvolvemos o pensamento crítico sobre o uso de tecnologia assistiva para acesso à Matemática; ensinamos o domínio da escrita e leitura de matemática por meio de ferramentas como o DOSVOX e de leitores de tela, dando preferência à metodologia de escrita simplificada chamada AsciiMath; mostramos a leitura interativa de textos matemáticos através do SonoraMat, um sistema de tradução de textos para o português falado; apresentamos o Braille em sua padronização para escrita matemática adotada no Brasil; e exploramos gráficos táteis, desde métodos simples de produção até técnicas mais sofisticadas como a impressão 3D.

O público-alvo são professores da educação básica e do ensino médio que desejam implementar práticas inclusivas. Ao final, espera-se que estejam preparados para produzir materiais acessíveis com qualidade pedagógica e promover a interação entre alunos com e sem deficiência visual em um ambiente colaborativo.

A precariedade centenária não será resolvida apenas com boas intenções, mas com ferramentas, métodos e, acima de tudo, com professores dispostos a aprender e ensinar de novo. Este livro é um convite para essa caminhada.

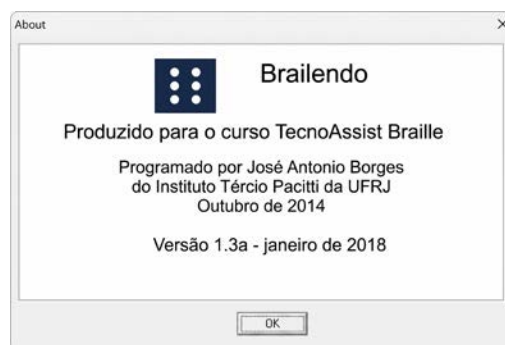
Com esperança num mundo mais acessível para todos,

Os autores

Capítulo 1

Treinando a escrita e leitura de braille com o Brailendo

Figura 1.1 – Tela de abertura do Brailendo



Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 1.1: Janela de informações ("About") do programa Brailendo: Título / Ícone: Brailendo (acompanhado do ícone de uma célula Braille com 6 pontos). Finalidade: Produzido para o curso TecnoAssist Braille. Autoria: Programado por José Antonio Borges, do Instituto Tércio Pacitti da UFRJ (Outubro de 2014). Versão: Versão 1.3a - janeiro de 2018. Controle: Um botão "OK" na parte inferior para fechar a janela. Fim da descrição.

O sistema Brailendo para aprendizado de braille

O Brailendo é um programa para ensino de braille voltado especialmente para pessoas videntes (que enxergam) através do computador. Com a ajuda de um leitor de telas, também pode ser usado por pessoas cegas.

A principal função do Brailendo é tornar possível visualizar a transcrição braille do texto digitado no teclado, em suas diversas manifestações

(textual, matemático, musical, entre outras). O Brailendo também embute outras funções que permitem exercitar aspectos específicos, tornando o aprendizado de braille mais simples e rápido do que com métodos manuais.

Existem várias versões do Brailendo, mas nesta parte curso utilizaremos a versão compacta 1.3a, com apenas algumas funções, mostradas no menu a seguir.

Figura 1.2 – Menu principal do Brailendo



Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 1.2: Janela do “Brailendo – opções” com cinco botões grandes empilhados verticalmente. Texto dos botões, de cima para baixo: Alfabeto Braille; Brailendo; Matemática; Musicografia; Sobre este programa. Fim da descrição.

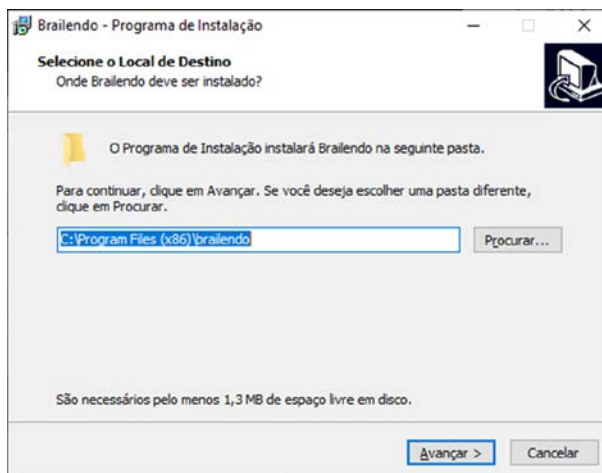
Download do programa Brailendo

O programa pode ser obtido no seguinte site:

<http://intervox.nce.ufrj.br/brailendo>

Neste site há informações gerais sobre o programa e o *link* para *download*. A instalação é trivial, bastando baixar o programa e executar seu *setup*, apertando diversas vezes a tecla *enter* para instalá-lo.

Figura 1.3 – Tela de instalação do Brailendo



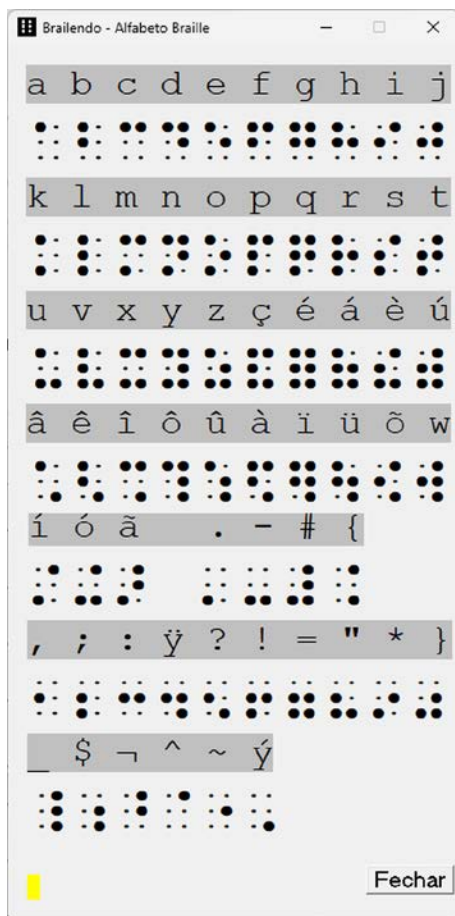
Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 1.3: Janela do instalador do programa Brailendo. Texto na parte de cima: “Brailendo – Programa de Instalação. Selecione o Local de Destino. Onde Brailendo deve ser instalado?”. Abaixo, texto explicativo: “O Programa de Instalação instalará Brailendo na seguinte pasta. Para continuar, clique em Avançar. Se você deseja escolher uma pasta diferente, clique em Procurar.” Campo de edição com o caminho: “C:\Program Files (x86)\brailendo”. À direita do campo há um botão: “Procurar...”. Na parte inferior, texto: “São necessários pelo menos 1,3 MB de espaço livre em disco”. No canto inferior direito há dois botões: “Avançar >”. “Cancelar”. Fim da descrição.

Mostrando o alfabeto braille

A função mais básica do Brailendo é exibir o alfabeto braille para a língua portuguesa, deixando-o fixo na tela para consulta durante a execução das diversas funções do programa.

Figura 1.4 – Alfabeto braille para a língua portuguesa, mostrado pelo Brailendo



Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 1.4: Janela de programa chamada “Brailendo – Alfabeto Braille”, em formato vertical estreito, com uma tabela de caracteres em tinta e seus equivalentes em Braille. Cada linha cinza tem uma sequência de letras ou sinais em tinta, e logo abaixo de cada uma aparece a célula Braille correspondente, com pontos pretos em relevo representados por bolinhas. Da parte de cima para baixo, aparecem: Linha 1 (em tinta): a b c d e f g h i j. Logo abaixo, uma linha de células Braille para cada letra. Linha 2 (em tinta): k l m n o p q r s t. Abaixo, as células Braille dessas letras. Linha 3 (em tinta): u v x y z ç é á è ú. Abaixo, as células Braille. Linha 4 (em tinta): â ê î ô û à ï ü ã w. Abaixo, as células Braille dessas letras acentuadas e da letra w. Linha 5 (em tinta): í ó ã . - # {. Abaixo, as células Braille correspondentes ao i acentuado, o acento agudo sobre o, o til, o ponto, o travessão, o símbolo de número e a chave de abertura. Linha

6 (em tinta): , ; : ÿ ? ! = " * }. Abaixo, a linha de Braille dos sinais de pontuação, símbolo igual, aspas duplas, asterisco e chave de fechamento. Linha 7 (em tinta): _ \$ → ^ ~ ý. Abaixo, as células Braille desses símbolos e da letra y acentuada. Na parte de baixo há mais algumas células Braille soltas, em duas linhas, sem os caracteres em tinta associados logo acima. No canto inferior direito há um botão retangular escrito “Fechar”. No canto inferior esquerdo há um pequeno retângulo amarelo estreito. Fim da descrição.

Função brailendo (tela multiprática)

A função brailendo é a parte principal do programa, pois permite exercitar a tradução do braille. Nesta função existem 4 painéis principais (caixas de texto), denominados de: Texto, Braille, Pontos e Metabraille.

Figura 1.5 – Tela multiprática



Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 1.5: Janela de programa em Windows chamada “Brailendo – Multiprática”. Na parte de cima, barra de título padrão do Windows, com os botões de minimizar, maximizar e fechar à direita. Logo abaixo, do lado esquerdo, está o rótulo “Texto” e, em seguida, um campo grande de entrada de texto de largura quase total da janela. Abaixo, aparece o rótulo “Braille” e outro campo grande de entrada logo embaixo dele, com o mesmo formato. Mais abaixo, o rótulo “Pontos”. Depois vem o rótulo “MetaBraille” e, em seguida, uma área retangular grande cinza, parecendo uma caixa de texto ou painel de exibição. Na parte inferior esquerda há um botão com o texto “Dig. Braille (F11)”. No centro inferior existe uma pequena área com o título “Pontos”. Dentro dela, em três linhas, aparecem: 1 4. 2 5. 3 6. À direita dessa área pequena está o texto clicável “Envia”. No canto inferior direito há um botão escrito “Limpar”. Fim da descrição.

Seu funcionamento básico é simples: teclando-se na área de texto uma sentença em português, ela é simultaneamente traduzida para braille, tendo seus pontos braille indicados na área de Pontos. Esta área é muito útil para utilização de um leitor de telas, sendo possível identificar quais foram os pontos utilizados na codificação em braille.

Nota: Existe também uma área de tradução avançada, chamada MetaBraille, útil essencialmente para programadores, que é pouco útil para usuários comuns.

Figura 1.6 – Aparência da multiprática em execução



Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 1.6: Janela de aplicativo chamada “Brailleindo – Multiprática”. Na parte de cima há o rótulo “Texto” e, logo abaixo, a palavra “Teste” escrita em letras grandes em negrito. Abaixo há o rótulo “Braille” e, em seguida, uma sequência de células em braille correspondendo à palavra “Teste”. Mais abaixo está o rótulo “MetaBraille”, e dentro de uma faixa cinza aparece o texto “{teste”. Na parte inferior esquerda há um botão com o texto “Dig. Braille (F11)”. No centro inferior há uma área chamada “Pontos”, com um pequeno quadro contendo: à esquerda “1 2 3” em disposição vertical; à direita “4 5 6” em disposição vertical. Ao lado desse quadro, à direita, há um botão com o texto “Envia”. No canto inferior direito há um botão com o texto “Limpar”. Fim da descrição.

A área em que o texto em braille é exibido pode ser copiada, movendo o cursor para lá (por exemplo, usando o *mouse* ou *tab*) e então usando *control-c*. Este texto em braille pode ser colado em um editor qualquer, por exemplo, no *Microsoft Word*.

IMPORTANTE: O texto é normalmente exibido neste programa em letras comuns (similar ao texto em Metabril) e não em letras braille. Para mostrar as letras em braille, deve-se:

- a) selecionar aquela área copiada
- b) mudar sua fonte de caracteres para uma fonte braille, por exemplo, SimBraille ou Braille Kiama.

Nota: quando o Brailendo é instalado, o *Windows* passa a incorporar a fonte SimBraille, automaticamente (sem necessidade de um *download* adicional).

Digitação em modo braille (Perkins)

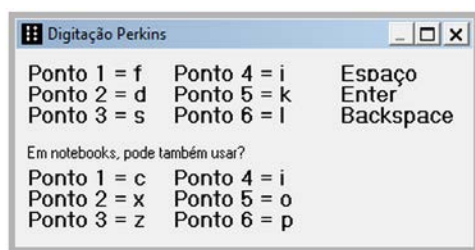
Nem todos os tipos de textos podem ser facilmente digitados e traduzidos automaticamente. Nestes casos, é importante poder especificar quais são os pontos desejados de forma direta e absoluta.

Para isso, o programa provê duas formas de entrada de informações.

- a) Digitação com 6 dedos

Apertando-se **F11** se abre uma pequena janela como a mostrada na próxima figura:

Figura 1.7 – Controle da digitação com 6 dedos



Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 1.7: Janela de programa com o título: Digitação Perkins. Texto exibido: Ponto 1 = f. Ponto 2 = d. Ponto 3 = s. Ponto 4 = j. Ponto 5 = k. Ponto 6 = l. Espaço. Enter. Backspace. Em notebooks, pode também usar? Ponto 1 = c. Ponto 2 = x. Ponto 3 = z. Ponto 4 = i. Ponto 5 = o. Ponto 6 = p. Fim da descrição.

Neste momento é possível usar o teclado do computador como se fosse uma máquina de digitação braille (Perkins), ou seja, digitar de 1 a 6 teclas simultaneamente.

Os pontos braille são produzidos segundo as teclas a seguir:

Ponto 1 – letra f ou c (em notebooks)	
Ponto 2 – letra d	ou x
Ponto 3 – letra s	ou z
Ponto 4 – letra j	ou i
Ponto 5 – letra k	ou o
Ponto 6 – letra l	ou p

Por exemplo, para produzir uma letra c (pontos 1 4), aperta-se as teclas f j simultaneamente. Ao soltar as teclas, a letra braille aparece.

São também aceitos os caracteres *Enter*, *Backspace* e Espaço.

b) Digitação com o mouse

Figura 1.8 – Célula braille no Brailendo



Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 1.8: Representação digital de uma célula Braille para entrada interativa de pontos dentro do Brailendo. Quadro "Pontos": Contém uma grade de 6 caixas de seleção (checkboxes) numeradas de 1 a 6, dispostas em duas colunas verticais de três pontos: Coluna da esquerda: Pontos 1, 2 e 3. Coluna da direita: Pontos 4, 5 e 6. Botão "Enviar": Localizado ao lado direito do quadro, utilizado para confirmar ou submeter a combinação de pontos selecionada. Fim da descrição.

Esta função tem como objetivo permitir a entrada de caracteres pelos pontos que os compõem, clicando com o mouse em pequenos quadradinhos que representam esses pontos. Por exemplo, para desenhar a letra b, clica-se no quadradinho do 1 e depois no quadradinho do 2, e finalmente

envia. Ao fazer isso, a letra é digitada, e esses quadradinhos apagados para uma nova entrada.

Usando o Brailendo para aprender a escrever em braille

As possibilidades pedagógicas do Brailendo são enormes. Pode-se por exemplo:

- a) treinar a escrita e leitura de palavras sem acentos
- b) treinar palavras com acentos
- c) explorar detalhes do alfabeto, em particular letras pouco usadas
- d) fazer exercícios para decorar os símbolos especiais

Fica a critério do professor, acoplá-lo às suas estratégias de ensino de braille, entendendo que a prática de seu uso conduz a uma compreensão imensa sobre os detalhes da escrita e leitura de braille.

Exercícios

1. Qual é a principal função do Brailendo?

- A) Imprimir documentos em Braille usando impressoras convencionais.
- B) Tornar possível visualizar a transcrição Braille do texto digitado no teclado, em suas diversas manifestações (textual, matemática, musical, entre outras).
- C) Converter livros em Braille para áudio usando sintetizadores de voz.
- D) Controlar máquinas de escrever Perkins via conexão *Bluetooth*.

2. No Brailendo, ao se digitar uma sentença em português na área de “Texto”, o programa realiza simultaneamente três ações. Qual das alternativas abaixo descreve corretamente o que acontece?

- A) O texto é traduzido para Braille, os pontos Braille são indicados na área de “Pontos” e há uma área chamada “MetaBraille” útil essencialmente para programadores.

- B) O texto é traduzido diretamente para áudio, para Libras e para inglês.
 - C) O texto é convertido em imagem, em código binário e em HTML.
 - D) O texto é salvo automaticamente em três formatos: PDF, DOCX e TXT.
-

3. O capítulo descreve que o Brailendo permite a digitação em “Modo Perkins” (digitação com 6 dedos) apertando-se a tecla F11. Nesse modo, quais teclas do computador produzem os pontos 1 e 4 simultaneamente?

- A) Teclas “a” e “b”
 - B) Teclas “f” e “j” (ou “c” e “i” em *notebooks*)
 - C) Teclas “1” e “2” do teclado numérico
 - D) Teclas “ctrl” e “alt”
-

4. Segundo o capítulo, para que o texto em Braille gerado pelo Brailendo possa ser visualizado com os caracteres Braille propriamente ditos (e não com letras comuns), o que o usuário deve fazer após copiar o conteúdo da área de Braille?

- A) Salvar o arquivo como PDF e abrir em um leitor específico.
 - B) Enviar o texto para uma impressora Braille.
 - C) Mudar a fonte do texto para uma fonte Braille (por exemplo, SimBraille ou Braille Kiama).
 - D) Executar o programa novamente em modo administrador.
-

Gabarito: 1 – B; 2 – A; 3 – B; 4 – C

Braille matemático avançado

Sistema comum: $7 + \frac{6}{y}$

Sistema Braille:

Sistema comum: $6+4+6+67-11+14+36=144$

Sistema Braille:

[illegible]

Sistema comum: $2ax+2by$

Sistema Braille:

Vamos agora conhecer outros tópicos da representação em braille matemático!

Letras gregas

As letras gregas são representadas precedidas dos prefixos

⠠ (4) para minúsculas

⠡ (4 5) para maiúsculas

Essa convenção é útil para diferenciar números e letras gregas. Repare que a maior parte das letras gregas tem uma letra latina equivalente, o que torna muito fácil decorá-las em braille.

A – α – alfa ⠠⠠⠠⠠ ⠠⠠⠠⠠ letra latina: A

B – β – beta ⠠⠠⠠⠠ ⠠⠠⠠⠠ B

Γ – γ – gama ⠠⠠⠠⠠ ⠠⠠⠠⠠ G

Δ – δ – delta ⠠⠠⠠⠠ ⠠⠠⠠⠠ D

E – ε – épsilon ⠠⠠⠠⠠ ⠠⠠⠠⠠ E

Z – ζ – zeta ⠠⠠⠠⠠ ⠠⠠⠠⠠ Z

H – η – eta ⠠⠠⠠⠠ ⠠⠠⠠⠠

Θ – θ – teta ⠠⠠⠠⠠ ⠠⠠⠠⠠

I – ι – iota ⠠⠠⠠⠠ ⠠⠠⠠⠠ I

K – κ – kapa ⠠⠠⠠⠠ ⠠⠠⠠⠠ K

Λ – λ – lambda ⠠⠠⠠⠠ ⠠⠠⠠⠠ L

M – μ – mi ⠠⠠⠠⠠ ⠠⠠⠠⠠ M

N – ν – nu ⠠⠠⠠⠠ ⠠⠠⠠⠠ N

Ξ – ξ – xi ⠠⠠⠠⠠ ⠠⠠⠠⠠ X

O – ο – omicron ⠠⠠⠠⠠ ⠠⠠⠠⠠ O

$\Pi - \pi - \text{pi}$	$\begin{smallmatrix} \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \end{smallmatrix}$	P
$P - \rho - \text{rô}$	$\begin{smallmatrix} \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \end{smallmatrix}$	R
$\Sigma - \sigma/\varsigma - \text{sigma}$	$\begin{smallmatrix} \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \end{smallmatrix}$	S
$T - \tau - \text{tau}$	$\begin{smallmatrix} \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \end{smallmatrix}$	T
$\Upsilon - \upsilon - \text{upsilon}$	$\begin{smallmatrix} \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \end{smallmatrix}$	U
$\Phi - \varphi - \text{fi}$	$\begin{smallmatrix} \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \end{smallmatrix}$	F
$X - \chi - \text{chi}$	$\begin{smallmatrix} \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \end{smallmatrix}$	
$\Psi - \psi - \text{psi}$	$\begin{smallmatrix} \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \end{smallmatrix}$	Y
$\Omega - \omega - \text{omega}$	$\begin{smallmatrix} \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \end{smallmatrix}$	W

Potências, raízes e índices inferiores

Como falado anteriormente, nas situações em que há necessidade de linearização no braille matemático, repare que os sinais necessários são EXCLUSIVOS do Sistema Braille, ou seja, não há correspondente no sistema comum.

Potência	sinal braille	$\begin{smallmatrix} \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet \end{smallmatrix}$	(16)
Sistema comum:	3^3		
Sistema Braille:	$\begin{smallmatrix} \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet \end{smallmatrix}$		
Raiz quadrada	sinal braille	$\begin{smallmatrix} \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet \end{smallmatrix}$	(1246 156)
Sistema comum:	$\sqrt{9}$		
Sistema Braille:	$\begin{smallmatrix} \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet \end{smallmatrix}$		
Raiz n-ésima	sinal braille	$\begin{smallmatrix} \bullet & \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet & \bullet \end{smallmatrix}$	(1246 156)
Sistema comum:	$\sqrt[3]{9}$		
Sistema Braille:	$\begin{smallmatrix} \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet \\ \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet & \bullet \end{smallmatrix}$		

Obs.: Repare que entre os sinais que formam a raiz, inserimos o algarismo. Porém, assim como no sistema comum de escrita, quando não há nenhum, subentende-se que a raiz é quadrada.

Índice inferior sinal braille $\sqrt{}$ (34)

Sistema comum: x_4

Sistema Braille: $\sqrt[4]{}$

Frações algébricas e algumas fórmulas

Vamos observar alguns exemplos de expressões e fórmulas matemáticas contendo as notações que estudamos até agora.

Sistema comum: $5ab$

Sistema Braille: $5ab$

(repare que foi preciso usar o ponto 5 para não ler 512).

Sistema comum: $a^2+b^2+c^2$

Sistema Braille: $a^2+b^2+c^2$

Sistema comum: $15ax+18y^3=x^2+c$

Sistema Braille: $15ax+18y^3=x^2+c$

(repare que foi preciso usar o ponto 5 para não ler 151x).

Sistema comum: $\frac{\Delta y}{\Delta x}$

Sistema Braille: $\frac{\Delta y}{\Delta x}$

Sistema comum: $\sqrt{a^2 + b^2}$

Sistema Braille: $\sqrt{a^2 + b^2}$

(observe a necessidade dos parênteses auxiliares na expressão a^2+b^2)

Conjuntos numéricos (naturais, inteiros, racionais, reais)

Na representação elemental dos conjuntos se usam chaves, como na notação convencional:

Sistema comum: { }

Sistema braille: 

Exemplo:

$$A = \{1, 2, 3, 4\}$$

Conjuntos numéricos

$\mathbb{N}$  Números naturais

$\mathbb{Z}$  Números inteiros

$\mathbb{Q}$  Números racionais

 $\mathbb{R}$ Números reais

$\mathbb{C}$ Números complexos

Geometria (segmentos e ângulos)

Em várias situações, as representações em braille procuram lembrar as formas geométricas com os pontos braille.

 Ângulo reto

◁  Ângulo orientado positivo

⤵  Ângulo orientado negativo

  Triângulo

  Triângulo retângulo

□  Quadrado

  Retângulo

-   Polígono
-   Circunferência

Exercícios

1. De acordo com o capítulo, qual é uma característica fundamental da transcrição de notações matemáticas para o Sistema Braille?

A) As expressões matemáticas são representadas de forma bidimensional, mantendo a disposição espacial das frações e raízes.

B) As notações matemáticas quase sempre aparecem de forma linear, ou seja, representadas de forma contínua numa só linha.

C) Todas as expressões matemáticas em Braille são escritas da direita para a esquerda.

D) O Braille matemático utiliza exclusivamente a mesma simbologia do Braille literário, sem acréscimos.

2. No Braille matemático, para representar letras latinas minúsculas de “a” a “j” que estão relacionadas com números (como em $2ax + 2by$), qual procedimento deve ser adotado?

A) Usar o prefixo de minúscula latina  (ponto 5) antes da letra.

B) Escrever a letra em maiúscula usando o prefixo de maiúscula  (pontos 4 6).

C) Inverter a ordem dos números e das letras.

D) Substituir as letras pelos seus equivalentes em grego.

3. O capítulo apresenta a representação de letras gregas em Braille. Qual é o prefixo utilizado para representar uma letra grega minúscula, como α (alfa)?

A)  (pontos 4 5)

B)  (ponto 4)

C) ⠠⠠⠠ (pontos 3 4 5 6)

D) ⠠⠠ (ponto 1 6)

4. No Braille matemático, qual é o sinal utilizado para representar uma potência (exponenciação)?

A) ⠠⠠ (ponto 3 4)

B) ⠠⠠⠠⠠ (pontos 1 2 4 6 e 1 5 6)

C) ⠠⠠ (ponto 1 6)

D) ⠠⠠⠠ (ponto 3 6)

Gabarito: 1 – B; 2 – A; 3 – B; 4 – C

Capítulo 3

Digitando símbolos matemáticos no Brailendo

Por quê usar o Brailendo para matemática?

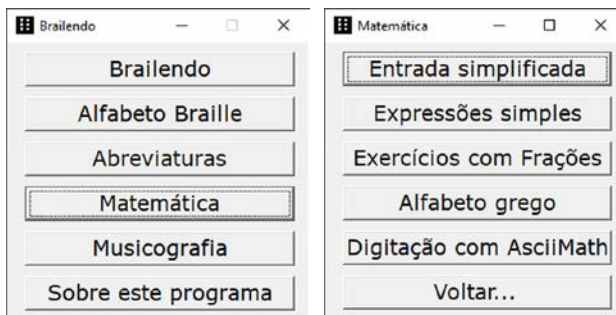
O Brailendo pode ser considerado um dos sistemas mais simples para aprender a escrever braille. Ele foi criado originalmente para ensinar a lidar com textos, e foi muito bem sucedido neste aspecto.

Porém, na medida em que ele começou a ser usado em cursos avançados de braille, surgiu a necessidade de se ensinar a escrever matemática. Como esta escrita é muito detalhada, e é necessário decorar muitos símbolos, foram criados artifícios operacionais para tornar fácil a entrada de símbolos matemáticos quando a escrita de expressões era relativamente pouco demandante, por exemplo, no ensino fundamental.

A ideia que foi implementada é muito simples de aprender. Digita-se o texto normalmente, e apenas quando é necessário escrever um símbolo matemático se insere um caractere ` (acento grave) e um símbolo específico para simular o símbolo matemático.

Por exemplo para digitar a expressão $2+3=5$ escreve-se $2^+3^=5$, como na figura:

Figura 3.2 – Menus de Matemática do Brailendo



Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 3.2: Menus de Matemática do Brailendo. Dois menus simples em formato de caixa retangular, com fundo cinza claro e vários botões grandes empilhados verticalmente. Botão da esquerda: Na parte superior está a barra de título do Windows, com o nome “Brailendo”, o ícone do programa à esquerda e os botões padrão de minimizar e fechar à direita. Logo abaixo da barra de título há seis botões horizontais, ocupando quase toda a largura da janela, um abaixo do outro, nesta ordem de cima para baixo: Brailendo; Alfabeto Braille; Abreviaturas; Matemática; Musicografia; Sobre este programa. O botão “Matemática” está com um contorno pontilhado, indicando foco do teclado. Botão da direita: Entrada simplificada; Expressões simples; Exercícios com Frações; Alfabeto grego; Digitação com AsciiMath; Voltar... O botão “Entrada simplificada” está com um contorno pontilhado, indicando foco do teclado. Fim da descrição.

Quando esta função é ativada se abre uma janela contendo diversos símbolos a produzir. Clicando num dos símbolos nas caixinhas, o programa explica como digitar no campo de entrada do Brailendo (sempre usando o acento grave seguido de um ou mais caracteres).

Por exemplo, caso se deseje digitar uma letra “abre chave matemático”, basta clicar em abre chave, que será produzido o caractere a digitar no Brailendo ([), e também a codificação correspondente em braille.

Nota: a informação MetaBraille serve para indicar uma forma alternativa de digitação, sem usar o acento grave.

Figura 3.3 – Entrada matemática simplificada do Brailendo

Fonte: Cópia de tela.

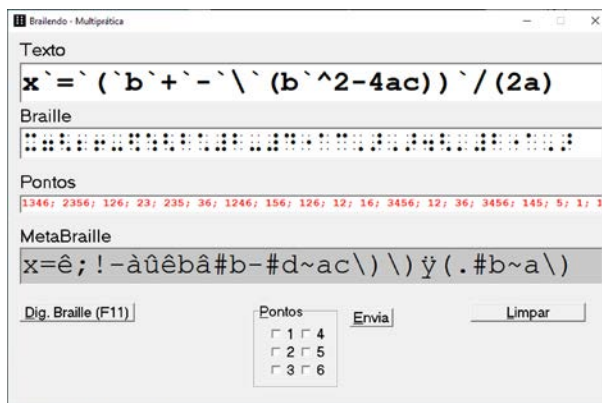
Descrição da figura 3.3: Entrada matemática simplificada do Brailendo. No canto superior esquerdo está o título da janela: “Entrada matemática simplificada”. Do lado esquerdo há uma coluna vertical de botões grandes com os símbolos: + - * x / % =. À direita dessa coluna há outra coluna de botões com: () { [] { } . Mais à direita há uma coluna estreita de botões com: ^ (elev) _ (ind) \ (raiz quad.) ! (fatorial). Abaixo, à esquerda, há a área “Letras abaixadas”. Nessa parte existem dois blocos de botões numéricos. O bloco da esquerda traz: 0 1 2 3 4. O bloco da direita traz: 5 6 7 8 9. O botão “9” está realçado. À direita desses blocos, em uma área retangular, aparecem campos e rótulos: Na parte superior dessa área está o rótulo “Digitar”. Abaixo dele há uma caixa de texto que contém um caractere visual parecido com um colchete angular aberto. Logo abaixo vem o rótulo “Braille”. Sob esse rótulo há um quadrado que exhibe a célula braille com seis pontos, onde os pontos levantados são o 1, 2, 3 e 6 (formando um desenho como uma coluna de três pontos à esquerda e um ponto no canto inferior direito). Mais abaixo está o rótulo “Pontos”. No campo de texto logo abaixo aparecem os números “12356” em vermelho. Na parte inferior dessa área há o rótulo “MetaBraille”. Dentro de um campo cinza logo abaixo aparece o caractere “á”. Na parte de baixo da janela, alinhados horizontalmente, existem dois botões grandes: “Limpar”; “Enviar para brailendo”. Fim da descrição.

É importante notar que a forma simplificada do Brailendo não dá conta de todos os símbolos do nível superior. Para isso, seria necessário digitar em *asciiMath* no próprio Brailendo, usando uma função especial, explicada em um próximo tópico deste curso.

Mostramos a seguir uma fórmula de Bhaskara, digitada no Brailendo, com a ajuda desta facilidade de edição.

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Figura 3.4 – Fórmula de Bhaskara digitada no Brailendo



Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 3.4: Fórmula de Bhaskara digitada no Brailendo. Janela de um programa chamado "Brailendo - Multiplicação". Na área "Texto" aparece: $x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$. Na área "Braille" há uma sequência de células braille em pontos pretos. Na área "Pontos" está escrito em vermelho: 1346; 2356; 126; 23; 235; 36; 1246; 156; 126; 12; 16; 3456; 12; 36; 3456; 145; 5; 1; 1. Na área "MetaBraille" está: $x = \hat{e}; ! - \hat{a} \hat{u} \hat{e} \hat{b} \hat{a} \# b - \# d \sim ac \backslash \backslash \backslash \hat{y} (. \# b \sim a \backslash)$. Na parte inferior esquerda há um botão "Dig. Braille (F11)". À direita há três caixas de marcação agrupadas sob o título "Pontos", com: 1 4; 2 5; 3 6. À direita dessas caixas há um botão "Envia" e, mais à direita, um botão "Limpar". Fim da descrição.

Nota: na implementação acima, os pontos de multiplicação foram suprimidos para aumentar a legibilidade do texto digitado.

1 - Lista de Comandos:

A lista de comandos aceitos e respectivos códigos é apresentada na tabela a seguir.

A ideia é digitar o símbolo mostrado na coluna **Digitar** para obter em braille o valor devido.

Nota: a coluna Meta serve para digitar no Brailendo um código que também produz o mesmo formato.

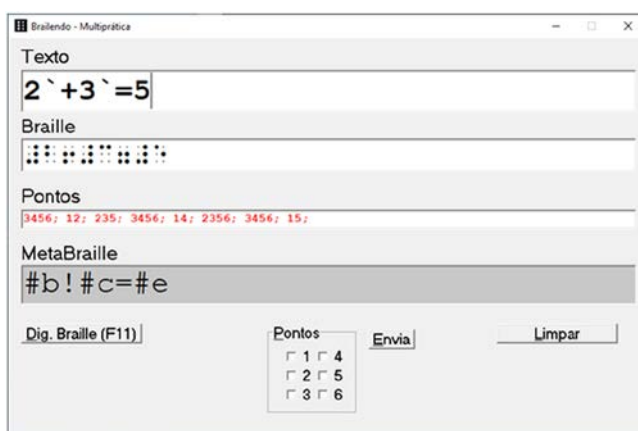
Importante: não é para decorar esta tabela, obviamente, mas deve-se usar o programa para digitar os códigos que estão nela contidos, com a ajuda da função de Entrada Simplificada.

Digitar	Significado	Braille	Pontos	Meta
`+	Soma		235	!
`-	Subtração		36	-
`*	Multiplicação		236	"
`x	Multiplicação		236	"
`/	Divisão		256	÷
`:	Divisão		256	÷
`=	Igual		2356	=
`%	Por cento		456 356	_}
`(	Abre parênteses		456 356	ê
`)	Fecha parênteses		126	ã
~(	Abre auxiliar		26	?
~)	Fecha auxiliar		35	*
`[	Abre colchete		12356	á
`]	Fecha colchete		23456	ú
`{	Abre chave		5; 123	~
`}	Fecha chave		456 2	_,
`^	Expoente		16	â
`_	Subíndice		34	í
`\	Raiz quadrada		1246 156	âu
`!	Fatorial		6 235	ý!

Processamento de AsciiMath no Brailendo (usando SonoraMat)

Mostramos anteriormente que a forma básica de digitação de matemática no Brailendo é usando a simbologia do acento grave, como mostrado na próxima figura. Como explicamos, o uso do acento grave permite ao Brailendo saber que o próximo símbolo é matemático, procedendo a tradução segundo o Código Matemático Unificado.

Figura 3.5 – Digitação de matemática simplificada no Brailendo



Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 3.5: Digitação de matemática simplificada no Brailendo. Janela de um programa chamado "Brailendo – Multiplicação". Na parte de cima da janela, há o rótulo "Texto" e, na caixa de edição logo abaixo, está escrito: "2`+3`=5". Abaixo, há o rótulo "Braille" e, na caixa seguinte, aparecem símbolos em braille na forma de pontos: ?? ?? ?? ?? ???. Logo depois vem o rótulo "Pontos" e, na linha abaixo, em texto vermelho, está: 3456; 12; 235; 3456; 14; 2356; 3456; 15. Mais embaixo há o rótulo "MetaBraille" e, na caixa cinza, está escrito: #b! #c=#e. Na parte inferior esquerda há o botão "Dig. Braille (F11)". Perto do centro há um pequeno quadro com o título "Pontos" mostrando três linhas: 1 + 14; 2 + 2 5; 3 + 3 6. À direita desse quadro há um botão "Envia". No canto inferior direito há um botão "Limpar". Fim da descrição.

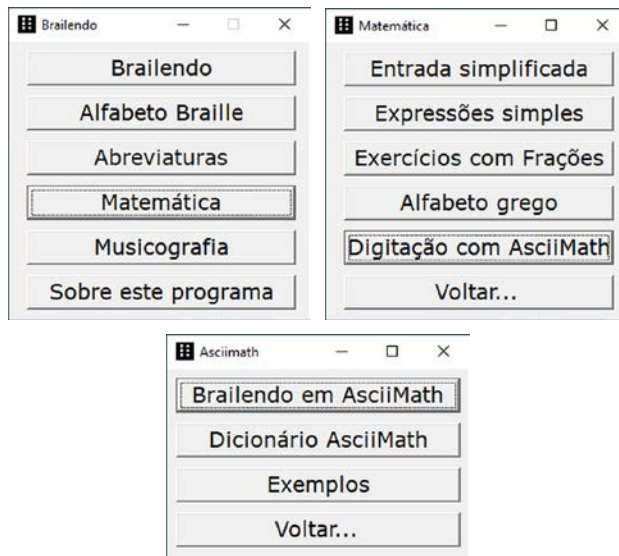
Este mecanismo, apesar de simples, não dá conta da digitação em braille de expressões mais complexas. A pessoa terá de digitar o texto usando os códigos não existentes nesta simplificação através do teclado perkins (6 teclas) e, também, precisará conhecer os códigos em braille de cada símbolo que existe no CMU.

A partir da versão 2.0, o Brailendo aproveita o tremendo trabalho de codificação realizado pelo pesquisador Oswaldo Vernet na geração de códigos braille. Este trabalho foi codificado numa das funcionalidades do sistema SonoraMat, como veremos.

O Brailendo carrega na memória do computador o SonoraMat e interage com ele fornecendo as expressões matemáticas codificadas em *asciiMath*. A partir daí, o programa pode falar a expressão (como no sistema Dosvox ou InterMat), mas também exibi-lo em braille.

A versão 2.0 ou superior do Brailendo, na opção de menu **“Matemática”**, abre uma opção **“Digitação com AsciiMath”** e depois **“Brailendo em AsciiMath”**, que permite ao usuário que conhece *asciiMath* digitar expressões de imensa complexidade, sem conhecer os detalhes do braille. O código em braille pode também ser enviado para a função Brailendo, facilitando ainda mais a digitação.

Figura 3.6 – Menus de matemática para acesso ao asciiMath



Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 3.6: Menus de matemática para acesso ao asciiMath. Três menus. Na parte superior, barra de título branca com o texto: “Brailendo”. Logo abaixo há

uma coluna de seis botões grandes, ocupando praticamente toda a largura da janela. Primeiro Menu: Da parte de cima para baixo, o texto dos botões é: Brailendo; Alfabeto Braille; Abreviaturas; Matemática; Musicografia; Sobre este programa. O botão “Matemática” está em destaque, com um contorno pontilhado indicando foco. Segundo Menu: Entrada simplificada; Expressões simples; Exercícios com Frações; Alfabeto gregg; Digitação com AsciiMath. O botão “Digitação com AsciiMath” está em destaque, com um contorno pontilhado indicando foco. Terceiro Menu: Brailendo em AsciiMath; Dicionário AsciiMath; Exemplos; Voltar... O botão “Brailendo em AsciiMath” está em destaque, com um contorno pontilhado indicando foco. Fim da descrição.

Quando a função é ativada, abre-se na tela o seguinte formulário:

Figura 3.7 -Interface para digitação em asciiMath

Fonte: Cópia de tela.

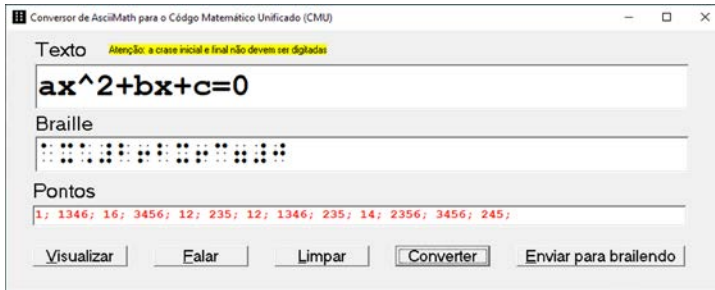
Descrição da figura 3.7: Interface para digitação em asciiMath. Janela de programa de conversão de matemática em braille na tela do Windows. No topo da janela está o título: “Conversor de AsciiMath para o Código Matemático Unificado (CMU)”. Logo abaixo, à esquerda, há o rótulo “Texto”. À direita de “Texto”, sobre fundo amarelo, há um aviso: “Atenção: a crase inicial e final não devem ser digitadas”. Abaixo disso existe uma grande caixa de edição vazia para digitar o texto. Mais abaixo aparece o rótulo “Braille” e, em seguida, outra caixa de edição longa, também vazia. Depois vem o rótulo “Pontos” e outra caixa de edição longa vazia. Na parte inferior da janela há cinco botões alinhados horizontalmente, da esquerda para a direita: “Visualizar”; Falar; Limpar; Converter; Enviar para brailendo. Fim da descrição.

O texto é digitado na área “**Texto**” e a partir daí, pode-se

- Visualizar o texto em *asciiMath* numa tela de navegador, como seria feito no sistema InterMat.
- Falar o texto em *asciiMath*, usando o SonoraMat.
- Converter o texto gerado em *asciiMath* para braille, automaticamente!

- Enviar os códigos gerados para o Brailendo, para estudo posterior ou transporte para outros utilitários (como mostrado no módulo anterior).

Figura 3.8 – Geração de braille a partir de asciiMath



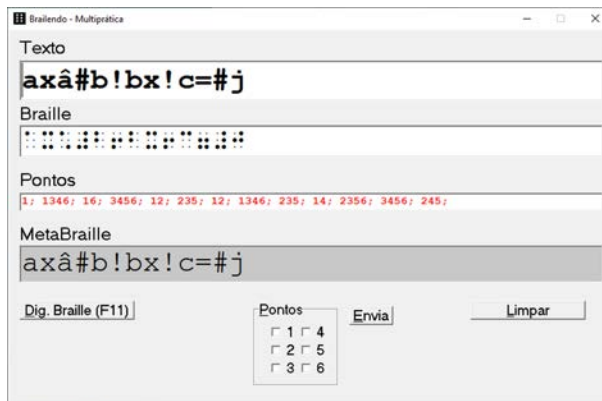
Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 3.8: Geração de braille a partir de asciiMath. Janela do programa “Conversor de AsciiMath para o Código Matemático Unificado (CMU)” no Windows. Na parte superior aparece o título: “Conversor de AsciiMath para o Código Matemático Unificado (CMU)”. Logo abaixo, à esquerda, está escrito “Texto”. À direita de “Texto” há uma faixa amarela com o aviso: “Atenção: a crase inicial e final não devem ser digitadas”. Na caixa de edição grande ao lado de “Texto” está escrito: $ax^2+bx+c=0$. Abaixo está o rótulo “Braille”. Na caixa de Braille aparece uma sequência de símbolos de pontos em relevo, representando a expressão em braille matemático. Mais abaixo está o rótulo “Pontos”. Na caixa de texto de “Pontos” está escrito em vermelho: 1; 1346; 16; 3456; 12; 235; 12; 1346; 235; 14; 2356; 3456; 245. Na parte de baixo da janela há botões alinhados na horizontal com os seguintes textos: Visualizar; Falar; Limpar; Converter; Enviar para brailendo. Fim da descrição.

O texto enviado para o Brailendo pode ser transportado de duas formas:

- Diretamente em metabraille, o que faz com que o texto tenha grande precisão, mas a legibilidade fique muito precária.

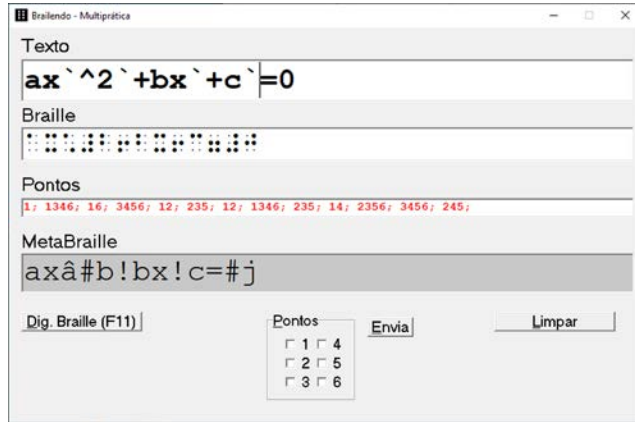
Figura 3.9 – Transporte do braille gerado para o Brailendo



Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 3.9: Transporte do braille gerado para o Brailendo. Na parte de cima, há um rótulo “Texto” e logo abaixo um campo grande de edição contendo: “axâ#b!bx!c=#j”. Mais abaixo está o rótulo “Braille” e, em um campo semelhante, aparecem vários símbolos de pontos de Braille em linha contínua. Em seguida vem o rótulo “Pontos” e, no campo logo abaixo, está escrito em vermelho: “1; 1346; 16; 3456; 12; 235; 12; 1346; 235; 14; 2356; 3456; 245;”. Mais abaixo está a faixa “MetaBraille”, em cinza, com o mesmo texto do início: “axâ#b!bx!c=#j”. Na parte inferior, do lado esquerdo, há um botão escrito “Dig. Braille (F11)”. À direita dele, existe uma caixa chamada “Pontos” com seis caixas de seleção dispostas em duas colunas e três linhas. À esquerda de cada linha está: 1 2 3. E à direita: 4 5 6. À direita desse grupo há um botão com o texto “Envia”. Mais à direita, quase no canto da janela, há um botão maior com a palavra “Limpar”. Fim da descrição.

Traduzir de metabraille para um formato mais compacto, tentando usar os códigos simplificados do Brailendo como mostrados na próxima figura.

Figura 3.10 – Geração de código compacto simplificado

Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 3.10: Geração de código compacto simplificado. Janela de programa chamada “Brailendo – Multiprática” na parte superior. Campo com rótulo “Texto”. Dentro dele está escrito: $ax^2 + bx + c = 0$. Campo com rótulo “Braille”. Nele aparece a sequência de símbolos em braille impressos em tinta: $ax^2 + bx + c = 0$. Campo com rótulo “Pontos”. Linha em vermelho com: 1; 1346; 16; 3456; 12; 235; 12; 1346; 235; 14; 2356; 3456; 245. Campo grande com rótulo “MetaBraille”. Dentro está escrito: $axâ\#b!bx!c=\#j$. Abaixo, à esquerda, botão “Dig. Braille (F11)”. Ao centro há o grupo “Pontos” com seis caixas de seleção arranjadas em duas colunas e três linhas: 1 e 4; 2 e 5; 3 e 6. À direita há botão “Envia” e, mais à direita, botão “Limpar”. Fim da descrição.

Uma vez que o código esteja gerado no Brailendo, ele pode ser facilmente transportado para uma linha braille ou ser copiado para o programa Braille Fácil, como veremos no próximo módulo.

Importante:

O Brailendo faz uso de uma heurística de tradução que pode não estar na forma mais compacta ou legível possível.

Implementação de expressões complexas em braille com Brailendo

Chegando a este ponto do estudo nos deparamos com alguns fatos sobre os quais temos que ponderar.

- a) Aprendemos a usar o *asciMath*, que nos possibilitou escrever expressões matemáticas no computador com certa facilidade e interagir melhor com professores e colegas.
- b) Aprendemos a codificação Braille para matemática, que não tem maior dificuldade, além da necessidade de decorar códigos de 6 pontos que não são difíceis, mas existem em grande quantidade.
- c) Conhecemos o Brailendo, um programa que nos ajuda a aprender, fornecendo a fonte de digitação para braille, inclusive pela conversão automática de textos em *asciimath*.

Algumas questões que se põem então:

- a) O aluno conseguirá aprender tantas coisas tão cheias de detalhes?
- b) O aluno será capaz de navegar neste mar de opções, escolhendo a cada momento o que é mais conveniente?
- c) O aluno realmente precisa de tudo isso?

Em nossa opinião todas as respostas são SIM. Mas não é nada rápido, isso é que tem que ficar muito claro!

AsciMath é bom na medida em que ele conseguirá conversar com seus colegas e professores, de igual para igual. Ele produzirá trabalhos junto com outros colegas usando o computador. Os textos produzidos por ele poderão ser impressos com boa qualidade, sendo passíveis de consumo por outras pessoas.

E o braille? É muito mais difícil que o *asciMath*? Não, não é, pois cada código de *asciMath* tem exatamente uma contraparte em braille. A questão tátil, certamente é um diferencial, mas escutar matemática também não é trivial.

Quanto a escrever braille, pode ser complicado se não se tem um bom acesso a tecnologias específicas:

- a) Impressora braille, para poder registrar o que é produzido na sala de aula e nos exercícios.

- b) Linha braille, para poder ler, em tempo real, o que o computador produz de matemática, ou armazenar textos para serem lidos em casa, tão devagar ou tão rápido quanto se deseje.

Infelizmente estes dispositivos não estão, na maior parte dos casos, disponíveis plenamente para os estudantes cegos. Mas o esforço de produzir o braille manualmente pode conduzir o estudante a se sentir confiante no seu próprio aprendizado.

Mas, existe algo que não pode ser superado: o tempo necessário para aprender e se desenvolver com a ajuda dos programas e dos computadores é grande. Neste processo, o aluno precisará intensamente do professor, que vai, passo a passo ensinando os símbolos que serão manipulados, na medida em que a necessidade deles apareça.

Resumindo → NÃO SE APRENDE TUDO DE UMA VEZ. O importante é ser apresentado a problemas de complexidade cada vez maior. O computador e seus dispositivos e programas serão usados dentro de uma estratégia pedagógica que pode ainda não estar bem definida neste momento do curso, mas que vai se consolidar para uso pelos professores de matemática.

Finalmente, devemos recomendar ao professor para que ele aprenda braille (lendo com os olhos, e não necessariamente de forma tátil). Após este aprendizado ele saberá como sugerir estratégias pedagógicas inclusivas.

Mãos à massa. Vamos estudar o InterMat, o Brailendo, o AsciiMath e o CMU com toda a energia para podermos nos capacitar para ensinar.

Nos próximos capítulos, falaremos do processo de impressão com o Braille Fácil e dos mecanismos de OCR de matemática, que serão fundamentais para o desenvolvimento de nossos alunos.

Exercícios

1) A representação no sistema braille dada pelos pontos 1246;3456;14;156;, corresponde ao sinal de:

A) raiz quadrada

- B) terceira potência
 - C) fração algébrica
 - D) raiz cúbica
 - E) parênteses
-

2) Assinale a alternativa CORRETA:

- A) O programa Brailendo tem uma limitação de uso de elementos matemáticos, não podendo passar de 5 elementos na expressão
 - B) A forma simplificada do Brailendo não inclui todos os símbolos matemáticos possíveis
 - C) Não é possível usar AsciiMath no Brailendo
 - D) No Brailendo, para se utilizar parênteses como fazendo parte da expressão matemática é preciso digitar o símbolo dos parênteses duas vezes
 - E) O programa Brailendo, além transcrever equações matemáticas para o sistema braille, aponta os possíveis erros da equação matemática proposta
-

3) Assinale a alternativa correta:

- A) O brailendo é um sistema desenvolvido apenas para a alfabetização em braille.
- B) É possível digitar expressões matemáticas simples no brailendo, bastando digitar os sinais da expressão entre aspas.
- C) O brailendo procede a tradução segundo o Código Matemático Unificado se os sinais matemáticos da expressão estiverem precedidos de um ponto.
- D) O brailendo procede a tradução segundo o Código Matemático Unificado se os sinais matemáticos da expressão estiverem precedidos de acento grave.
- E) A versão atual do brailendo não permite o uso de sinais matemáticos.

4) Na função “Brailendo em AsciiMath”, depois que o texto matemático é digitado na área texto é possível:

- a) Visualizar o texto em AsciiMath na tela do navegador.
- b) Enviar para o programa InterMath, com o botão enviar
- c) Enviar o texto para o programa MathReader para usar o Sonoromat
- d) Visualizar no brailendo todos os erros de digitação da expressão
- e) Imprimir o texto digitado através do botão “imprime expressão”

Gabarito: 1 – d; 2– b; 3 – d; 4 – a

Capítulo 4

Editoração simplificada de braille matemático no Braille Fácil

Conhecendo o programa Braille Fácil

O programa Braille Fácil é um editor de textos para a transcrição e impressão em braille. Nele, editaremos os textos de acordo com as regras de formatação usadas no Brasil, a fim de obter uma impressão legível e organizada.

O programa foi desenvolvido no Brasil pelo Professor José Antônio dos Santos Borges juntamente com o corpo de funcionários da Imprensa Braille do Instituto Benjamin Constant, aliando recursos tecnológicos e experiência profissional na área da transcrição braille. O resultado foi uma ferramenta de transcrição muito versátil de todos os tipos de textos, e das mais variadas fontes diretamente para a impressora.

Para a organização do texto e de suas formatações, o programa disponibiliza uma gama de comandos que possibilita, ao transcritor, modificar e organizar o texto de acordo com seu objetivo prático, pedagógico e funcional. Estes comandos também são úteis na aplicação das grafias e das normas técnicas em nossos textos, na elaboração de capas de livros, cabeçalhos, índices e sumários etc.

Também podemos elaborar tabelas, alguns tipos de gráficos, quadros e figuras, mas, por enquanto, vamos nos ater ao básico. As versões mais recentes do programa permitem também a incorporação de símbolos matemáticos de maneira simplificada.

Instalando e testando o Braille Fácil

A melhor forma de se dominar o programa é instalar uma cópia dele (o programa é gratuito) num computador com Windows a partir do site

<http://intervox.nce.ufrj.br/brfacil>

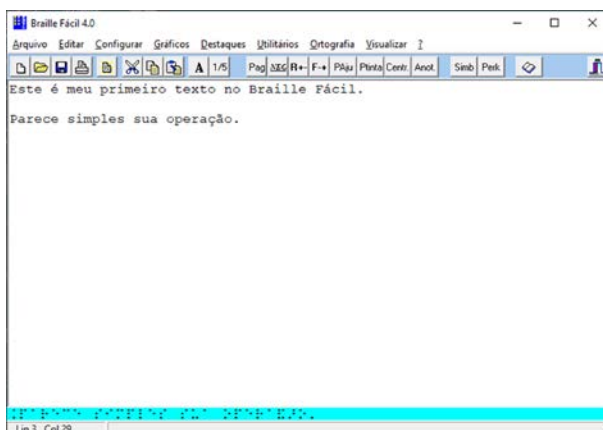
Depois de fazer o download do instalador, basta apertar a tecla Enter no programa de instalação (**setup_brfacil.exe**) várias vezes para instalar o programa.

NOTA: É possível instalar também em Linux ou Mac, através do programa emulador WINE, mas isso exige um certo conhecimento destes sistemas.

A interface do programa é relativamente simples e não difere muito de um editor de textos comum; o diferencial é a **visualização da impressão em braille**. Simplesmente se digita o texto (ou se cola algum texto digitado) e durante este processo, abaixo da área de edição é mostrada uma linha com o braille.

Observação: Pode-se testar o programa digitando um texto como o mostrado na próxima figura. Na parte inferior da janela de digitação aparece uma área com a transcrição daquela linha para braille.

Figura 4.1 – Texto simples em edição no Braille Fácil

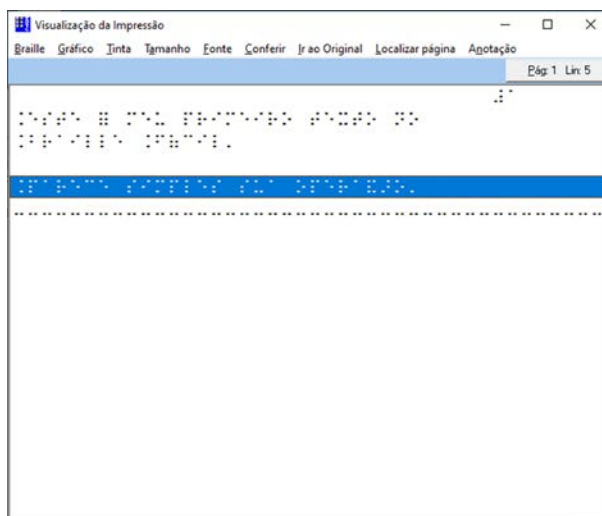


Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 4.1: Texto simples em edição no Braille Fácil. Janela do programa Braille Fácil 4.0 aberta no Windows. Na barra de menu, na parte superior, aparecem as opções: Arquivo; Editar; Configurar; Gráficos; Destaques; Utilitários; Ortografia; Visualizar; ?. Abaixo da barra de menu há ícones de botões, da esquerda para a direita: Novo; Abrir; Salvar; Imprimir. Outro ícone quadrado amarelo. Um quadrado azul com seta amarela. Um ícone com "A" e "1/5". Botões com textos pequenos como "Pag", "NEG", "R+", "F-", "PÁlj", "Pinta", "Centr.", "Anot.", "Simb", "Perk". À direita, um ícone de borracha. E, na ponta direita, um ícone em formato de impressora colorida. Na área principal de edição de texto aparece, na primeira linha: "Este é meu primeiro texto no Braille Fácil". Na terceira linha: "Parece simples sua operação". Na parte inferior da janela há uma faixa azul-clara com caracteres em braille em preto, formando uma linha contínua de pontos. No canto inferior esquerdo está o status: "Lin 3 Col 29". Fim da descrição.

Uma série de ícones são usados para especificar as principais opções do programa. Ao passar o mouse sobre os ícones, seu significado é exibido. Dois destes ícones são muito importantes: o que tem o desenho de uma impressora e o que está ao seu lado direito, com o desenho de uma listagem. O ícone com o desenho da impressora é usado para iniciar a impressão em braille na impressora. O ícone com o desenho de uma listagem permite visualizar na tela como ficará a impressão, como mostrado na próxima figura.

Figura 4.2 – Visualizador prévio da impressão



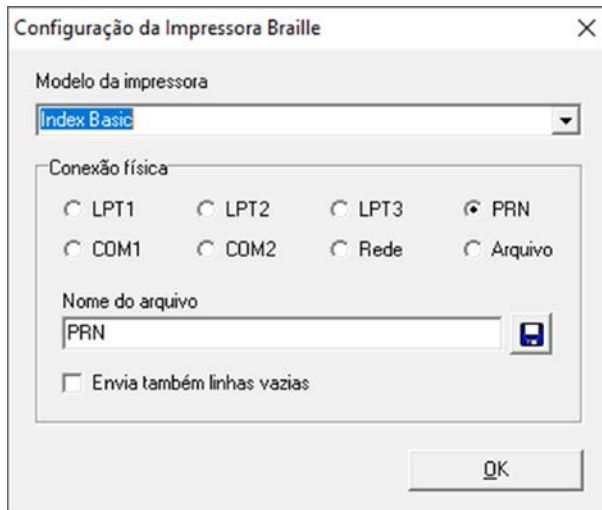
Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 4.2: Visualizador prévio da impressão. Janela de um programa chamada “Visualização da Impressão”, em português. Na parte superior aparece a barra de título do Windows, com o texto “Visualização da Impressão” e, à direita, os botões padrão de minimizar, maximizar e fechar. Logo abaixo há uma barra de menus com as opções, da esquerda para a direita: Braille; Gráfico; Tinta; Tamanho; Fonte; Conferir; Ir ao Original; Localizar página; Anotação. À direita dessa barra há uma pequena caixa exibindo “Pág: 1 Lin: 5”. A área principal da janela mostra linhas em Braille representadas por conjuntos de pequenos pontos pretos. No alto dessa área há uma linha de Braille, seguida por uma segunda linha em Braille. Mais abaixo existe uma linha inteira destacada com um fundo azul, também composta por caracteres em Braille pretos; é a linha atualmente selecionada. Abaixo dessa linha azul há outra linha de pontos pretos contínuos. Todo o restante da página está em branco. Fim da descrição.

Além dos ícones, o programa também possui um menu textual, que pode ser visualizado acima dos ícones, sendo alguns itens de editor de texto comum, tais como: “Arquivos”, para manipulação de arquivos (abrir, criar, salvar, imprimir etc) e “Editar”, para as funções básicas de edição (copiar, colar, recortar etc).

Neste menu, destacamos o item “Configurar”, onde temos a opção de Impressora Braille. Nesta opção, podemos escolher o tipo de impressora e a sua forma de conexão com o computador.

Figura 4.3 – Escolha do tipo de impressora e sua conexão

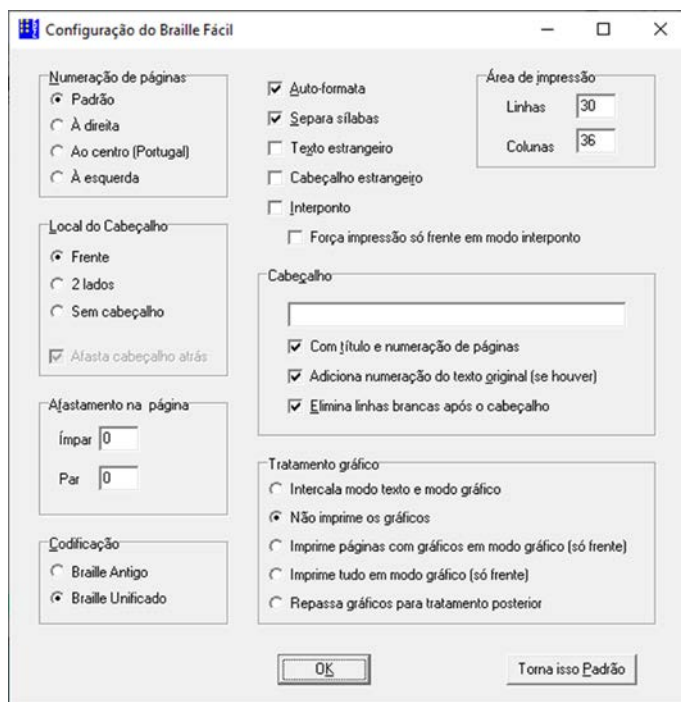


Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 4.3: Escolha do tipo de impressora e sua conexão. Janela de um programa com o título: “Configuração da Impressora Braille”. Campo “Modelo da impressora”: caixa de edição com o texto “Index Basic” selecionado e uma seta de lista suspensa à direita. Área “Conexão física” com botões de opção: LPT1; LPT2; LPT3; PRN (este está marcado); COM1; COM2; Rede; Arquivo. Campo “Nome do arquivo”: caixa de edição com o texto “PRN”. À direita desse campo há um ícone de disquete (aparentemente para salvar). Abaixo existe uma caixa de seleção com o texto: “Envia também linhas vazias” (está desmarcada). No canto inferior direito há um botão “OK”. Fim da descrição.

Retornando ao mesmo menu Configurar, nele também há a opção de “Parâmetros do programa”, onde se pode configurar parâmetros de impressão.

Figura 4.4 – Opções de impressão



Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 4.4: Opções de impressão. Janela de configuração do programa “Braille Fácil”, com vários grupos de opções em forma de botões de rádio, caixas de seleção e campos numéricos. Texto no topo: “Configuração do Braille Fácil”. Bloco à esquerda, “Numeração de páginas”: Padrão (selecionado); À direita; Ao centro (Portugal); À esquerda. Bloco “Local do Cabeçalho”: Frente (selecionado); 2 lados; Sem

cabeçalho. Abaixo, opção desabilitada e marcada em cinza: “Afasta cabeçalho atrás”. Bloco “Afastamento na página”: Ímpar [campo 0]; Par [campo 0]. Bloco “Codificação”: Braille Antigo; Braille Unificado (selecionado). Parte central superior: Caixa de seleção “Auto-formata” (marcada); Caixa de seleção “Separa sílabas” (marcada); Caixa de seleção “Texto estrangeiro” (desmarcada); Caixa de seleção “Cabeçalho estrangeiro” (desmarcada); Caixa de seleção “Interponto” (desmarcada); Caixa de seleção “Força impressão só frente em modo interponto” (desmarcada). À direita, bloco “Área de impressão”: Linhas [campo 30]; Colunas [campo 36]; Bloco central “Cabeçalho”: Campo de texto em branco. Abaixo, três caixas de seleção: “Com título e numeração de páginas” (marcada); “Adiciona numeração do texto original (se houver)” (marcada); “Elimina linhas brancas após o cabeçalho” (marcada). Bloco inferior direito “Tratamento gráfico”: Intercala modo texto e modo gráfico; Não imprime os gráficos (selecionado); Imprime páginas com gráficos em modo gráfico (só frente); Imprime tudo em modo gráfico (só frente); Repassa gráficos para tratamento posterior. Botões na parte de baixo: “OK”; “Torna isso Padrão”. Fim da descrição.

As configurações originais de fábrica são, em geral, adequadas para um uso estudantil. Os parâmetros do programa compreendem as modificações que podemos fazer acerca da formatação da página, idiomas, área da impressão e tratamento gráfico (quando houver). Mostramos alguns dos mais importantes.

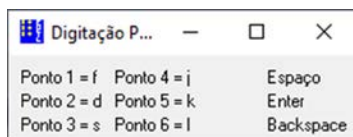
- Área de impressão – Linhas X Colunas (28 34 é o padrão do Instituto Benjamin Constant).
- Afastamento – Quantidade de celas (espaços) a se distanciar da margem.
- Numeração de páginas – Localização da numeração da página em braille. O padrão (à direita nas páginas ímpares) é o utilizado pelo Instituto Benjamin Constant.
- Local do Cabeçalho – Frente (páginas ímpares), Ambos os lados (páginas ímpares e pares).
- Separa sílabas: Separa as sílabas das palavras automaticamente quando há translineação das mesmas.

Digitação braille

O Braille Fácil permite fazer a digitação direta em braille (o que deve ser evitado para não causar problemas ao ler o original).

Para isso aperta-se a tecla **F11**. Aparecerá uma janela com o seguinte conteúdo:

Figura 4.5 – Digitação simulada de máquina braille



Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 4.5: Digitação simulada de máquina braille. Janela de programa com o título parcialmente visível “Digitação P...”. Transcrição do texto: Ponto 1 = f; Ponto 4 = j; Espaço; Ponto 2 = d; Ponto 5 = k; Enter; Ponto 3 = s; Ponto 6 = l; *Backspace*. Fim da descrição.

Nesta função é possível digitar os pontos braille diretamente, teclando simultaneamente a combinação necessária das letras f d s j k l (similar ao Brailendo).

Para sair desta forma de digitar, basta apertar novamente **F11**.

IMPORTANTE: A forma de digitação braille do Braille Fácil gera um código intermediário chamado MetaBraille. Quando se faz a visualização ou impressão, as letras braille reais são ativadas. Por exemplo, ao digitar os pontos 4 e 6 (indicador de maiúscula), será gerado na tela o sinal {.

Entendendo o mecanismo de autoformatação

Quando queremos imprimir em braille a partir de um original gerado em tinta, temos que atentar para o fato de que as linhas impressas graficamente têm disposição completamente diferente de braille.

O Braille Fácil realiza esta reformatação automaticamente, quebrando as linhas no lugar correto, de forma que o texto digitado fique bem impresso em braille. Entretanto há alguns pequenos detalhes a cuidar.

- a) A técnica usada para fazer a autoformatação é tomar várias linhas em sequência, separadas por uma linha em branco. As linhas devem ser iniciadas na coluna 1.

- b) Esta linha em branco é copiada para a saída. Caso se queira eliminá-la, basta colocar um único espaço ao início da linha em que se deseja quebrar a formatação. Este caractere não é emitido na saída.

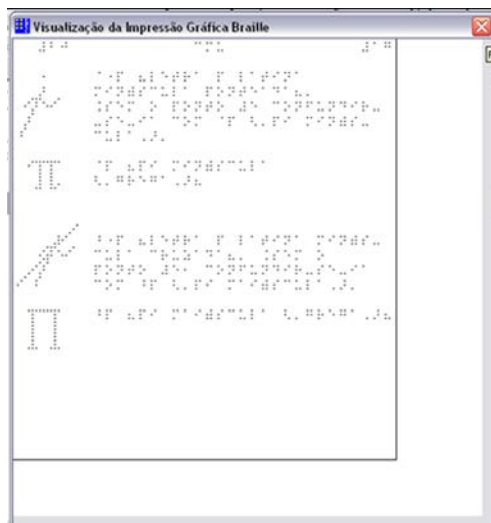
Quanto temos um texto complexo, é frequente que queiramos ativar ou desativar este mecanismo de autoformatação. Para isso deve-se agregar ao texto, na primeira coluna, os seguintes comandos

- <F-> desativa o mecanismo de autoformatação: linhas subsequentes serão impressas sem arrumação do texto. Uma linha digitada vira uma linha impressa (a menos que seja grande demais e, neste caso, é forçada uma quebra de linha).
- <F+> reativa o mecanismo de autoformatação.

Gráficos

O Braille Fácil é capaz de agregar pequenos desenhos, criados pelo programa Monet ou Pintor Braille. Este assunto será tratado no próximo módulo.

Figura 4.6 – Visualização da impressão gráfica braille



Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 4.6: Visualização da impressão gráfica braille. Janela de programa com o título “Visualização da Impressão Gráfica Braille” na parte superior. Dentro da janela aparece uma página em branco com vários pontos em relevo representando braille, em linhas de texto organizadas. Há alguns desenhos formados por pontos à esquerda, parecendo pequenos símbolos ou figuras verticais, e à direita ficam linhas contínuas de braille, como parágrafos de texto. As marcas de braille estão bem pequenas na imagem, não dá para identificar quais letras ou palavras são, apenas que se trata de uma visualização de página para impressão tátil. Fim da descrição.

Na figura acima, se apresenta uma visualização da impressão Gráfica Braille. Esta visualização é um item do menu da tela “Visualização de Impressão”, que se obtém ao clicar no ícone com o desenho de listagem.

Outros comandos comuns de agregar ao texto

O Braille Fácil utiliza diversos comandos que são agregados na coluna 1 do texto. Listamos a seguir apenas os mais utilizados. Para uma listagem completa, sugere-se uma leitura no manual do programa, presente na opção ? do menu principal.

- | | |
|--------------|---|
| ⟨P⟩ | Quebra de página |
| ⟨R+⟩ | Inicia o trecho com recuo de 2 celas a partir da margem esquerda |
| ⟨R-⟩ | Finaliza o trecho com recuo de 2 celas |
| ⟨T+n⟩ | Numeração em Braille – Quando “n” se refere à numeração inicial |
| ⟨n⟩ | Numeração do Original – Pode-se colocar a referência da página do original na publicação em Braille. O “n” equivale ao número de página do original |

Nota: é importante referenciar no texto a processar o lugar das quebras de página no original.

- | | |
|----------------------|--|
| ⟨T cabeçalho⟩ | Nomear cabeçalho – Insere o nome do trabalho em todas as páginas numeradas |
|----------------------|--|

Observações:

1. O nome do cabeçalho deve ser reduzido (abreviado) para não prejudicar a leitura das numerações de página em tinta (quando houver) e braille;
2. O comando <T+n> tem efeito de quebra de página;
3. A numeração em tinta deve ser colocada exatamente no trecho do texto correspondente à quebra de página no original. Ela só mudará na próxima página em braille numerada e, conseqüentemente, a correspondência com o original é aproximada.

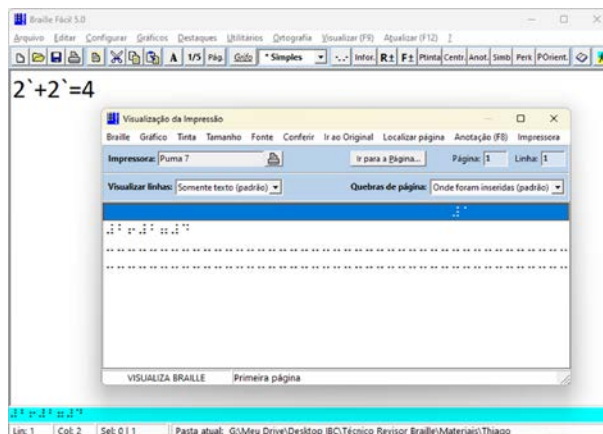
Geração automatizada de matemática para o Braille Fácil através do Brailendo

Devido à necessidade de digitação linear da matemática no Braille Fácil, seguindo as regras estabelecidas no CMU, foi criado um sistema de abreviaturas (ou códigos simplificados) que minimizam a necessidade de decorar todos os códigos do braille matemático. A ideia é digitar símbolos em tinta, que tenham correspondência com o original do símbolo matemático, e precedê-los por um acento grave.

IMPORTANTE: Os códigos simplificados do Brailendo são compatíveis com o sistema Braille Fácil. Desta forma, aprendendo no Brailendo, já se pode digitar no Braille Fácil. Entretanto, há mais códigos no Braille Fácil e o processamento automatizado deste último tende a ser mais sofisticado.

Por exemplo, para transcrever a soma $2 + 2 = 4$, digitamos um acento grave (´) antes dos símbolos matemáticos + e =, ficando a transcrição assim: 2 `+ 2 `= 4

Figura 4.7 – Exemplo $2 + 2 = 4$ digitado e sua visualização da impressão



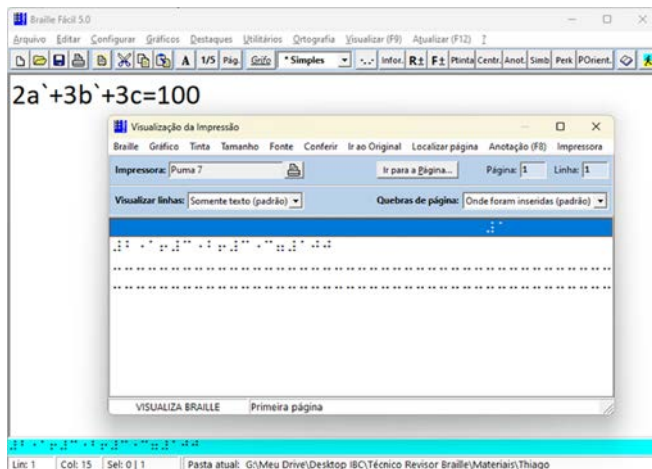
Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 4.7: Tela com o exemplo $2 + 2 = 4$ digitado e sua visualização da impressão. Janela do programa Braille Fácil 5.0 exibida na tela do Windows. Na parte de trás, aparece o editor principal do Braille Fácil. Na área de texto está digitado: “2`+2`=4”. Na frente dessa janela há a caixa “Visualização da Impressão”. Na parte superior dela há as abas: Braille; Gráfico; Tinta; Tamanho; Fonte; Conferir; Ir ao Original; Localizar página; Anotação (F8); Impressora. Logo abaixo, na linha “Impressora”, o campo está definido como “Puma 7”, com um ícone de impressora ao lado e o botão “Ir para a Página...”. À direita há os campos “Página: 1” e “Linha: 1”. Na linha seguinte, “Visualizar linhas:” está configurado para “Somente texto (padrão)”. Ao lado, “Quebras de página:” está definido como “Onde foram inseridas (padrão)”. Na área grande central da janela é mostrada a pré-visualização em braille, com pontos distribuídos em linhas. A primeira linha tem uma sequência curta de células braille, seguida de espaços; as linhas abaixo têm séries longas de pontos uniformes formando uma grade. Embaixo dessa área há um botão “VISUALIZA BRAILLE” e o texto “Primeira página”. Na barra de status do Braille Fácil, na parte inferior da tela, aparecem: “Lin: 1 Col: 2 Sel: 0 | 1”; “Pasta atual: G:\Meu Drive\Desktop IBC\Técnico Revisor Braille\Materiais\Thiago”. Fim da descrição.

Ao digitarmos os símbolos matemáticos precedidos do acento grave (´) na tela do programa, enquanto transcrevemos, ao visualizarmos no braille, os sinais estarão corretos, de acordo com o CMU.

Ex.: queremos transcrever agora a equação $2a + 3b + 3c = 100$.

Novamente, incluímos um acento grave (´) antes dos símbolos matemáticos de + e =, ficando a transcrição assim: $2a`+ 3b`+ 3c`= 4$

Figura 4.8 – Exemplo $2a + 3b + 3c = 100$ e sua visualização da impressão

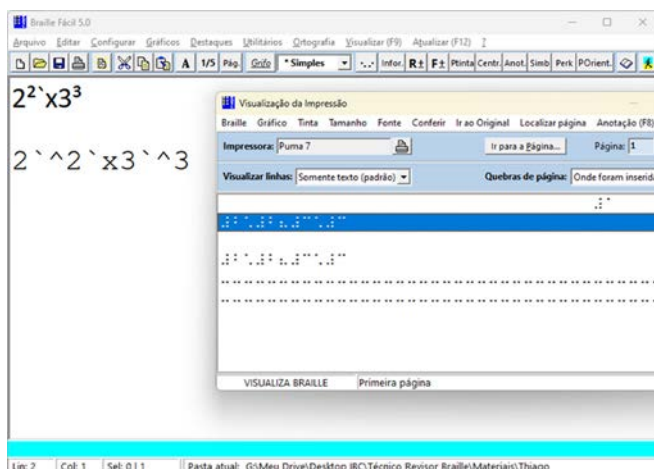
Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 4.8: Tela com o exemplo $2a + 3b + 3c = 100$ digitado e sua visualização da impressão. Janela do programa “Braille Fácil 5.0” aberta no Windows. Texto no canto superior esquerdo: “Braille Fácil 5.0”. Barra de menus superior com os itens: “Arquivo Editar Configurar Gráficos Destaques Utilitários Ortografia Visualizar (F9) Atualizar (F12) ?”. Logo abaixo, uma barra com vários ícones e campos. Alguns trechos de texto visíveis nessa barra: “A 1/5 Pág. Grifo Simples Inf.: Ft Pintá Centr. Anot. Simb Perc Porient”. Na área principal do programa, perto do topo à esquerda, aparece o texto: “ $2a+3b+3c=100$ ”. Sobre a área principal está aberta uma outra janela, intitulada: “Visualização da Impressão”. Nessa janela, as abas visíveis são: “Braille Gráfico Tinta Tamanho Fonte Conferir Ir ao Original Localizar página Anotação (F8) Impressora”. Na parte superior dessa janela, à esquerda, está o rótulo: “Impressora:” e, ao lado, um campo de seleção com o nome: “Puma 7”. À direita há um botão: “Ir para a Página...”. E mais à direita, campos: “Página: 1”; “Linha: 1”. Logo abaixo há o texto: “Visualizar linhas:” e um campo de seleção com o conteúdo: “Somente texto (padrão)”. Ao lado direito: “Quebras de página:” e um campo de seleção com o conteúdo: “Onde foram inseridas (padrão)”. Na área central dessa janela há várias linhas de caracteres em Braille em representação textual, com pontos e acentos, por exemplo: “?????????????????????????????”. (essa linha é apenas um exemplo aproximado do que está em Braille; o conteúdo está composto por símbolos Braille sequenciais em texto). Na parte inferior dessa janela, um botão: “VISUALIZA BRAILLE” e, à direita dele: “Primeira página”. Na barra de status na parte de baixo da tela principal há, da esquerda para a direita: “Lin: 1 Col: 15 Sel: 0 | 1”; “Pasta atual: G:\Meu Drive\Desktop IBC\Técnico Revisor Braille\Materiais\Thiago”. Fim da descrição.

Repare que neste caso, por ter relações entre algarismos e letras da primeira série da ordem braille, o programa automaticamente coloca o ponto (5) antes das letras para não confundir com os outros algarismos.

Vejamos a transcrição do próximo exemplo, $2^2 \times 3^3$, apresentada na próxima figura.

Figura 4.9 – Transcrição de $2^2 \times 3^3$ e sua visualização de impressão



Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 4.9: Tela com a transcrição de $2^2 \times 3^3$ e sua visualização de impressão. Na parte esquerda da tela está o editor de texto. Na primeira linha aparece " $2^2 \times 3^3$ " em caracteres ampliados, com o "2" e o "3" em sobrescrito, indicando expoentes. Logo abaixo, na linha seguinte, está o equivalente em notação de entrada para braille: " $2^2 \times 3^3$ ". Na parte superior da janela principal há a barra de menus com as opções: Arquivo, Editar, Configurar, Gráficos, Destaques, Utilitários, Ortografia, Visualizar (F9), Atualizar (F12) e outras opções à direita. Abaixo aparece uma barra com ícones de atalho e campos como "Pág.", "Grifo", "Simples", "Info.", "R+", "Ft", além de botões para símbolos, porcentagem e outros. Sobre a área central está aberta uma segunda janela chamada "Visualização da Impressão". Ela ocupa boa parte da tela e mostra como o texto será impresso. Nessa janela há várias guias na parte superior: Braille, Gráfico, Tinta, Tamanho, Fonte, Conferir, Ir ao Original, Localizar página e Anotação (F8). Logo abaixo há os campos: Impressora: "Puma 7" com um botão ao lado para selecionar. Botão "Ir para a Página...". Campo "Página: 1". Mais abaixo há o campo "Visualizar linhas:" configurado como "Somente texto (padrão)". Ao lado está "Quebras de página:" configurado como "Onde foram inseridas". A área principal dessa janela mostra várias linhas de pontos em braille na primeira metade e linhas vazias na parte de baixo. Algumas linhas apresentam uma sequência de pontos que corresponde ao conteúdo matemático e possivelmente a outros elementos do documento. Na parte inferior da janela de visualização há um botão "VISUALIZA BRAILLE" e outro "Primeira página". Na barra de status do Braille Fácil, na parte bem de baixo da tela, aparecem: "Lin: 2 Col: 1 Sel: 0 | 1". Mais à direita, "Pasta atual: G:\Meu Drive\Desktop IBC\Técnico Revisor Braille\Materiais\Thiago". Caso seja necessário, é possível explicar como representar esses expoentes ou o "x" de multiplicação em braille matemático usando esse programa. Fim da descrição.

Neste caso é possível observar que o programa converte alguns caracteres diretamente digitados, como os expoentes 2 e 3 (caso a tecla esteja disponível no teclado), não precisando de inserção do acento grave (`). Porém, no exemplo, observamos que o resultado usando o macro de expoente `^` o resultado na visualização em braille é o mesmo.

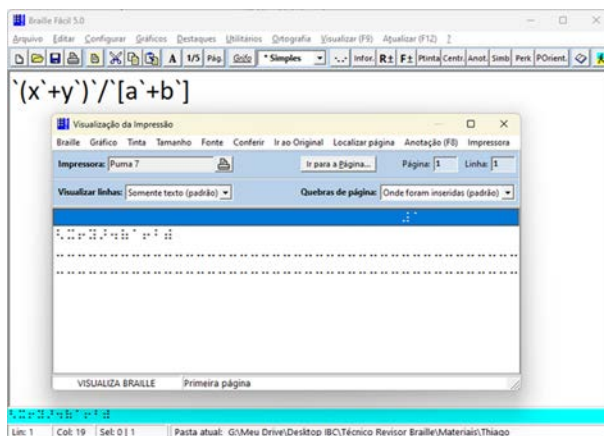
O próximo exemplo é a transcrição de expressão algébrica fracionária:

$$\frac{(x+y)}{[a+b]}$$

Será transcrito na forma: `(x`+y)`/[a`+b`]

Neste caso observamos a necessidade de linearização da fração, pois, no braille, devemos colocar as expressões de forma linear, sempre da esquerda para a direita. Repare na necessidade de colocar o acento grave (`) também antes dos parênteses e colchetes para que estes sejam colocados na forma simplificada que é a utilizada no CMU.

Figura 4.10 – Tela com a transcrição de $\frac{(x+y)}{[a+b]}$ e sua visualização de impressão



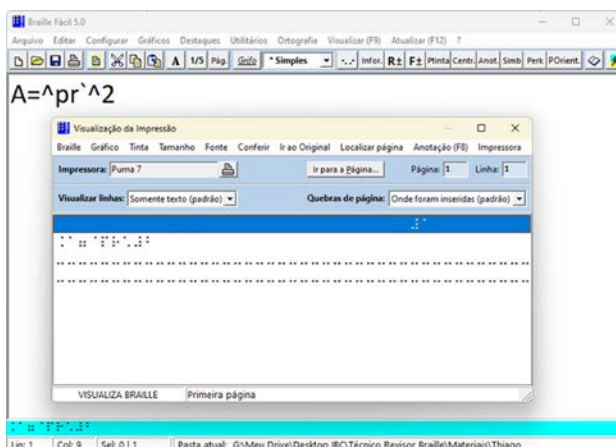
Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 4.10: Tela com a transcrição de $\frac{(x+y)}{[a+b]}$ e sua visualização de impressão. Janela do programa Braille Fácil 5.0 aberta no Windows. Na parte superior aparece uma barra de menus com as opções: Arquivo, Editar, Configurar, Gráficos, Destaques, Utilitários, Ortografia, Visualizar (F9), Atualizar (F12) e um menu de ajuda representado por "?". Logo abaixo está a área de edição de texto com o conteú-

do: $(x^y)^{a+b}$. Mais abaixo há uma janela de “Visualização da Impressão”. Nela há abas chamadas: Braille, Gráfico, Tinta, Tamanho, Fonte, Conferir, Ir ao Original, Localizar página, Anotação (F8), Impressora. Na parte de configurações da visualização há campos com: Impressora: Puma 7; Botão “Ir para a Página...”; Página: 1; Linha: 1. Há listas suspensas com: Visualizar linhas: Somente texto (padrão); Quebras de página: Onde foram inseridas (padrão). Na área principal dessa janela aparecem linhas de pontos em braille. A primeira linha mostra a expressão braille que corresponde ao conteúdo digitado, seguida por linhas de pontos repetidos representando o resto da página. Na parte inferior da tela, na barra de status, aparecem informações: Lin: 1; Col: 19; Sel: 0 | 1. Pasta atual: G:\Meu Drive\Desktop IBC\Técnico Revisor Braille\Materiais\Thiago. Fim da descrição.

Vamos ver como fica o próximo exemplo, uma expressão da área de um círculo:

Figura 4.11 – Tela com a transcrição de e sua visualização de impressão



Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 4.11: Tela com a transcrição de $A=pr^2$ e sua visualização de impressão. Janela do programa Braille Fácil 5.0 aberta em um computador com Windows 10. Na parte superior aparece a barra de menu com as opções: Arquivo, Editar, Configurar, Gráficos, Destaques, Utilitários, Ortografia, Visualizar (F9), Atualizar (F12) e um menu de ajuda indicado por “?”. Abaixo da barra de menus há uma barra de botões com ícones para ações como novo, abrir, salvar, imprimir, e vários botões de formatação (negrito, itálico, sublinhado, alinhamento e outros). No canto superior esquerdo da área de edição, o texto exibido é: $A=pr^2$. Na frente desse texto, o cursor está logo após o número 2. Sobre a área principal do programa está aberta uma janela menor chamada “Visualização da Impressão”. Essa janela tem várias abas na parte superior: Braille, Gráfico, Tinta, Tamanho, Fonte, Conferir, Ir ao Original, Localizar página, Anotação (F8) e Impressora. Logo abaixo, à esquerda, há o campo “Impressora:” com o valor “Puma 7”. À direita há um botão “Ir para a Página...” e dois campos: “Página: 1” e “Linha: 1”. Mais abaixo existe uma área com opções: Visualizar linhas: So-

mente texto (padrão). Quebras de página: Onde foram inseridas (padrão). No centro da janela de visualização aparece a simulação em braille, formada por vários pontos e espaços distribuídos em linhas. Na primeira linha braille é possível ver uma combinação de pontos que representa o conteúdo, seguida de várias linhas pontilhadas, como se fossem linhas em branco ou separadores. Na parte inferior dessa janela de visualização há uma barra com dois botões ou áreas clicáveis: “VISUALIZA BRAILLE” e “Primeira página”. Na parte de baixo da janela principal do Braille Fácil há uma barra de status. À esquerda aparecem as informações: Lin: 1; Col: 9; Sel: O | 1. No centro-direita da barra de status consta o caminho da pasta atual: Pasta atual: G:\Meu Drive\Desktop IBC\Técnico Revisor Braille\Materiais\Thiago. Na base da tela, logo acima da borda da janela do Windows, há uma faixa em azul-turquesa claro, semelhante a uma barra de status adicional ou à área do display braille emulado, contendo alguns pontos e espaços em braille. Fim da descrição.

Neste exemplo, temos uma letra grega pi minúscula. Para que fique correto no Sistema Braille, usamos o circunflexo (^) antes do p.

Exercícios

1. De acordo com o capítulo, qual é a principal função do programa Braille Fácil?
 - A) Converter textos em áudio para deficientes visuais.
 - B) Editar textos para transcrição e impressão em Braille, seguindo as regras de formatação usadas no Brasil.
 - C) Ensinar o alfabeto Braille para crianças videntes por meio de jogos interativos.
 - D) Digitalizar livros impressos e convertê-los automaticamente para Braille.
-
2. No Braille Fácil, qual é o efeito de se digitar um único espaço em branco no início de uma linha?
 - A) O programa insere automaticamente um ponto final na linha.
 - B) O programa interpreta esse espaço como um comando de centralização.
 - C) O programa elimina esse espaço na saída, permitindo quebrar a autoformatação do texto.
 - D) O programa gera uma página em branco na impressão.

3. O capítulo descreve um sistema de códigos simplificados para digitação de matemática no Braille Fácil. Qual é o caractere que deve ser digitado antes dos símbolos matemáticos (como +, =, parênteses, colchetes) para que sejam transcritos corretamente para o Braille matemático segundo o CMU?

- A) O asterisco (*)
 - B) O acento grave (`)
 - C) O sinal de número (#)
 - D) O ponto final (.)
-

4. No exemplo apresentado no capítulo para a expressão $A = \pi r^2$ (área do círculo), qual foi o procedimento necessário para que a letra grega π (pi) minúscula fosse corretamente representada no Braille matemático?

- A) Usar o acento grave antes do "p": `p
 - B) Usar o circunflexo (^) antes do "p": ^p
 - C) Usar o ponto 5 antes do "p": "p
 - D) Usar o sinal de número antes do "p": #p
-

Gabarito: 1 – B; 2 – C; 3 – B; 4 – B

Capítulo 5

Geração avançada de Matemática braille através do Brailendo

Podemos utilizar o Brailendo para gerar as expressões matemáticas e copiá-las para inserir no Braille Fácil. Esta prática é destinada àqueles que ainda não dominam ou tem dificuldade na transcrição de textos matemáticos. Este recurso é possível, pois os dois programas trabalham com a mesma matriz de caracteres, ou seja, eles convertem os símbolos com o acento grave (') da mesma forma para o braille.

Digitando no Brailendo

Figura 5.1 – Menu inicial do Brailendo



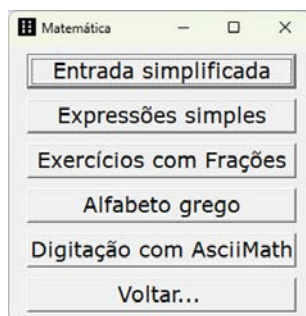
Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 5.1: Menu inicial do Brailendo. Janela de programa simples em estilo Windows com fundo claro. Na parte superior está a barra de título com o texto: "Brailendo". À esquerda da barra de título há um ícone quadrado com seis pontos arrumados em duas colunas de três, lembrando uma célula braille. À direita da barra de

título aparecem o botão de minimizar e, ao lado, o botão de fechar. Abaixo da barra de título há seis botões grandes, um embaixo do outro, ocupando quase toda a largura da janela. O texto de cada botão, de cima para baixo, é: Brailendo; Alfabeto Braille; Abreviaturas; Matemática; Musicografia; Sobre este programa. O botão “Matemática” está em foco, indicado por uma borda pontilhada em volta do texto. Fim da descrição.

No programa Brailendo, além de escrevermos na nossa língua, o Português, podemos escrever algumas expressões matemáticas usando a opção Matemática do menu.

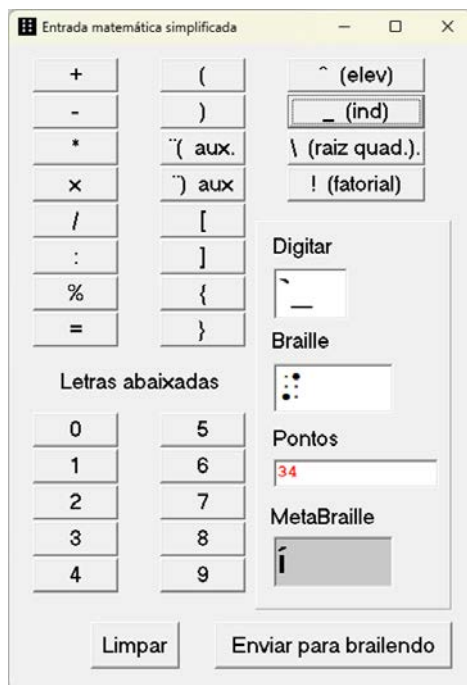
Figura 5.2 – Menu da opção Matemática do Brailendo



Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 5.2: Menu da opção Matemática do Brailendo. Janela de programa com o título “Matemática” na barra superior. Logo abaixo há seis botões grandes, um embaixo do outro, com estes textos: Entrada simplificada; Expressões simples; Exercícios com Frações; Alfabeto grego; Digitação com AsciiMath; Voltar... Fim da descrição.

Na entrada simplificada conseguimos digitar muitas coisas de matemática (já transcritas para o CMU) nos mesmos moldes do Brailendo, ou seja, ao selecionar um dos símbolos no programa, é possível ver a visualização no braille, a representação dos pontos e o MetaBraille, além da digitação necessária para o Braille Fácil.

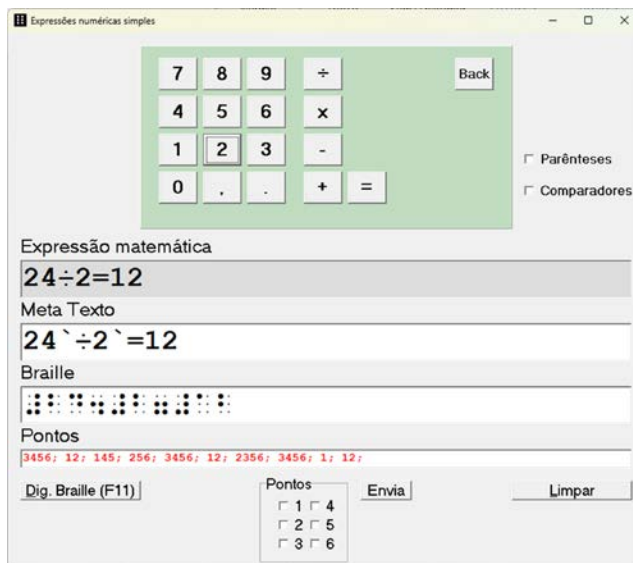
Figura 5.3 – Tela da Entrada matemática simplificada

Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 5.3: Tela da Entrada matemática simplificada do Brailendo. Janela de um programa chamado “Entrada matemática simplificada”. Na parte superior esquerda há uma coluna de botões grandes verticais com símbolos: +; -; *; x; /; ::; %; =. À direita dessa coluna há outra coluna de botões com símbolos de agrupamento: (;); `(aux.); `) aux; [;]; {; }. Mais à direita há uma coluna de botões para operadores especiais: ^ (elev); _ (ind); \ (raiz quad.); ! (fatorial). Na metade inferior esquerda aparecem dois blocos de botões com números, sob o rótulo “Letras abaixadas”. Primeiro bloco, em uma coluna: 0; 1; 2; 3; 4. Segundo bloco, à direita: 5; 6; 7; 8; 9. No canto inferior esquerdo há um botão grande com o texto “Limpar”. Na parte direita da janela fica um painel com vários campos. Na parte superior desse painel há o rótulo “Digitar” e, logo abaixo, uma caixa de texto pequena onde está digitado o caractere “_”. Abaixo está o rótulo “Braille” e, em seguida, um retângulo que mostra uma célula braille com seis pontos. Nesta célula aparecem em preto o ponto 1, o ponto 3 e o ponto 4; os demais pontos estão apagados. Logo abaixo há o rótulo “Pontos” e uma caixa de texto onde está escrito “34” em vermelho. Mais embaixo aparece o rótulo “MetaBraille” e, abaixo dele, uma área cinza que contém o caractere “í”. No canto inferior direito da janela há um botão grande com o texto “Enviar para brailendo”. Fim da descrição.

Caso queira digitar expressões simples para transcrição, é possível digitá-las na opção **Expressões Simples**.

Figura 5.4 – Tela de Expressões numéricas simples do Menu Matemática



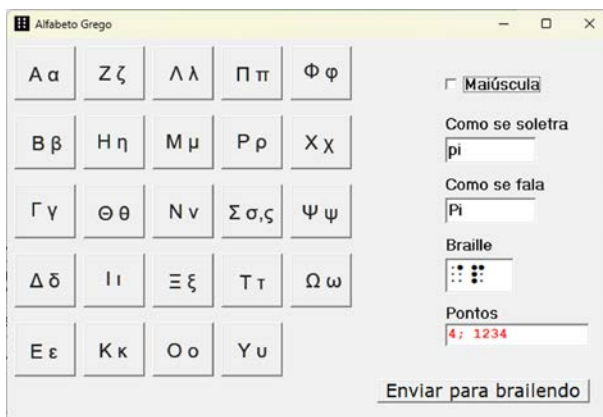
Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 5.4: Tela de Expressões numéricas simples do Menu Matemática do Brailendo. Janela de um programa chamado “Expressões numéricas simples”, com uma calculadora e campos para Braille. Na parte superior esquerda há o título “Expressões numéricas simples” na barra de título do Windows. Logo abaixo, à esquerda, existe uma área verde clara com botões grandes formando um teclado numérico e de operações: Linha superior: 7, 8, 9, ÷. Linha do meio: 4, 5, 6, x. Linha de baixo: 1, 2, 3, -. Na última linha: 0, “”, “”, “+”, “=”. Na parte direita dessa área verde há um botão escrito “Back”. Ainda à direita aparecem duas caixas de seleção com texto “Parênteses” e “Comparadores”, ambas aparentemente desmarcadas. Abaixo dessa área vem o rótulo “Expressão matemática” e, em uma caixa de texto cinza, a expressão: “24÷2=12”. Logo abaixo há o rótulo “Meta Texto” e outra caixa onde está: “24`÷2`=12”. Mais embaixo aparece o rótulo “Braille” e, em uma área branca, uma sequência de símbolos de Braille em pontos pretos, correspondendo à expressão. A seguir está o rótulo “Pontos” e uma linha com texto em vermelho: “3456; 12; 145; 256; 3456; 12; 2356; 3456; 1; 12;”. No canto inferior esquerdo existe um botão “Dig. Braille (F11)”. À direita dele há um pequeno quadro chamado “Pontos” com seis caixas de seleção dispostas em duas colunas, rotuladas: Coluna esquerda: 1, 2, 3. Coluna direita: 4, 5, 6. À direita desse quadro há um botão “Envia” e, mais à direita, um botão “Limpar”. Fim da descrição.

A expressão matemática na tinta aparece ao selecionar os números e sinais matemáticos. O meta texto pode ser exportado para o Braille Fácil, pois a base de conversão é a mesma, podendo ser visualizada no braille assim como os pontos que formam a expressão.

O menu matemática do Brailendo ainda possui um alfabeto grego, para casos em que seja necessária a inserção destes símbolos numa equação, por exemplo.

Figura 5.5 – Tela do Alfabeto Grego do menu matemática



Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 5.5: Tela do Alfabeto Grego do menu matemática do Brailendo. Janela de programa chamada "Alfabeto Grego", com vários botões de letras e campos de texto à direita. Na parte esquerda há uma grade de botões grandes, cada um com uma letra grega em maiúscula e minúscula: Primeira linha: "Aa", "Zz", "???", "??p", "Ff". Segunda linha: "??ß", "???", "??µ", "???", "???". Terceira linha: "G?", "T?", "???", "Ss?", "???". Quarta linha: "d?", "???", "???", "t?", "O?". Quinta linha: "e?", "???", "???", "???". Na parte direita, perto do topo, há uma caixa de seleção sem marcação ao lado da palavra "Maiúscula". Abaixo aparecem campos com rótulos: "Como se soletra" Campo de texto preenchido com "pi". "Como se fala" Campo de texto preenchido com "Pi". "Braille" Ao lado há um retângulo com a célula braille desenhada: na coluna esquerda, pontos 1 e 2 preenchidos; na coluna direita, pontos 4 e 5 preenchidos (formando a letra latina "p" em braille). "Pontos" Campo de texto abaixo preenchido com "4; 1234" em vermelho. Na parte inferior direita há um botão grande com o texto "Enviar para brailendo". Fim da descrição.

Exportando do Brailendo para o Braille Fácil

Utilizar o Brailendo para escrever matemática é uma saída interessante para iniciantes tanto no Sistema Braille quanto na utilização dos programas. O Braille Fácil trabalha com macros que auxiliam na conversão, mas para alguns destes símbolos a conversão não se dá de forma completa-

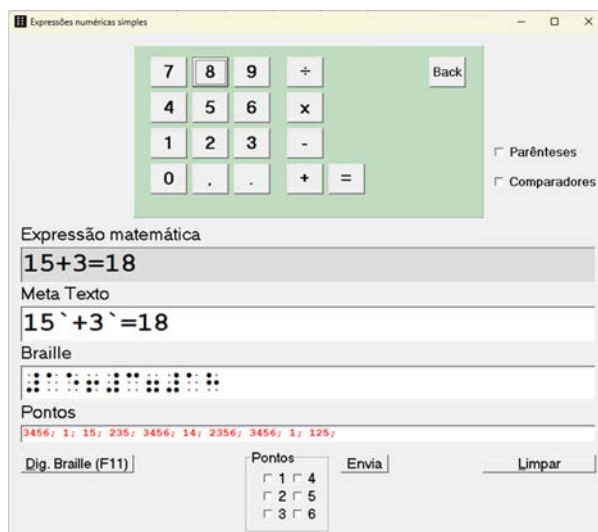
mente automática, e é preciso um conhecimento mais aprofundado pelo transcritor do CMU. Utilizar o Brailendo permite que a pessoa possa fazer a expressão e copiar somente o meta texto, ou seja, o texto pronto para a transcrição já com a macro aplicada.

Observe os exemplos:

Exemplo 1: $15+3=18$

Digitando a expressão do exemplo na tela de Expressões numéricas simples do Brailendo (próxima figura).

Figura 5.6 – Digitando $15+3=18$ na tela de expressões numéricas simples



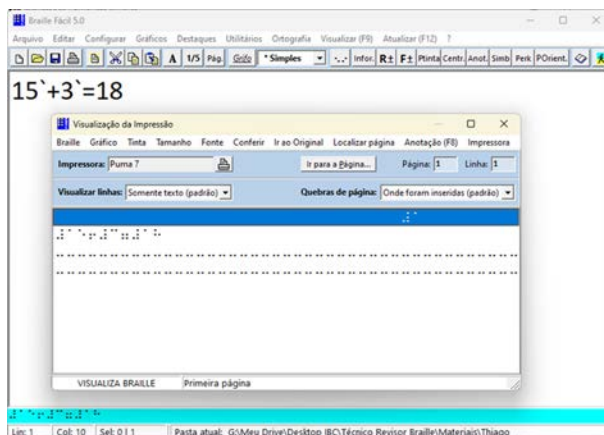
Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 5.6: Digitando $15+3=18$ na tela de expressões numéricas simples do Brailendo. Janela de um programa chamado "Expressões numéricas simples". Na parte superior, uma área verde contém um teclado de botões grandes organizados em grade 4 por 4. Primeira linha de botões: "7", "8" (destacado com uma borda mais escura como se estivesse selecionado), "9" e o símbolo de divisão "+". Segunda linha: "4", "5", "6" e o símbolo de multiplicação "x". Terceira linha: "1", "2", "3" e o sinal de menos "-". Quarta linha: "0", "," (vírgula), "." (ponto) e um botão largo com "+ =". À direita desse teclado há um botão "Back". Ainda à direita, em posição mais baixa, existem duas caixas de seleção: "Parênteses" e "Comparadores", ambas desmarcadas. Abaixo da área verde, em fundo cinza, aparece o rótulo "Expressão matemática". Logo embaixo, num campo grande, está a expressão em negrito: " $15+3=18$ ". Mais abaixo há o rótulo "Meta Texto". No campo logo abaixo está escrito: " $15`+3`=18$ " (o acento grave aparece

antes do sinal de mais e antes do sinal de igual). Depois vem o rótulo “Braille”. No campo seguinte aparecem células Braille em pontos pretos, formando uma sequência contínua correspondente à expressão; não há texto comum nesse campo, apenas os símbolos Braille. Abaixo está o rótulo “Pontos”. Na linha seguinte, em texto vermelho, está: “3456; 1; 15; 235; 3456; 14; 2356; 3456; 1; 125;”. No canto inferior esquerdo existe um botão “Dig. Braille (F11)”. Mais à direita há uma seção chamada “Pontos” com três caixas de seleção em coluna: “1 4”; “2 5”; “3 6”. Essas caixas também estão desmarcadas. À direita dessa seção há um botão “Envia”. No canto inferior direito há um botão “Limpar”. Fm da descrição.

Copiando o meta texto e colando no Braille Fácil pode-se observar se o braille dos programas está igual. Para isso, depois de copiar, visualize a impressão clicando no ícone de visualizar.

Figura 5.7 – Tela de edição do Braille Fácil com o Meta Texto gerado no Brailendo e visualização da impressão



Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 5.7: Tela de edição do Braille Fácil com o Meta Texto gerado no Brailendo e visualização da impressão. Janela do programa Braille Fácil 5.0 aberta no Windows. Na parte superior está a barra de menus com as opções: Arquivo, Editar, Configurar, Gráficos, Destaques, Utilitários, Ortografia, Visualizar (F9), Atualizar (F12) e outras opções de formatação em ícones, como tipo de braille, alinhamento, estilos e zoom. Logo abaixo, na área de edição do documento, aparece o texto impresso em tinta: “15`+3`=18”. Por cima do documento está aberta a janela “Visualização da Impressão”. Essa janela tem várias abas na parte superior: Braille, Gráfico, Tinta, Tamanho, Fonte, Conferir, Ir ao Original, Localizar página, Anotação (F8) e Impressora. Na aba exibida, há um campo “Impressora” mostrando “Puma 7”. Abaixo há um botão “Ir para a Página...” e campos “Página: 1” e “Linha: 1”. Sob esses campos existe uma área com opções: “Visualizar linhas:” com a opção selecionada “Somente texto (padrão)”, “Quebras de página:” com a opção “Onde foram inseridas (padrão)”. Na área princi-

pal da visualização aparece a primeira linha em braille, com pontos distribuídos em sequência que correspondem à expressão matemática digitada em tinta. As linhas seguintes estão em branco. Na parte inferior da janela de visualização há uma barra com o texto “VISUALIZA BRAILLE” e “Primeira página”. Na parte mais embaixo da tela do programa, uma barra de status mostra: “Lin: 1 Col: 10 Sel: 0 | 1”. E a pasta atual: “G:\ Meu Drive\Desktop IBC\Técnico Revisor Braille\Materiais\Thiago”. Se quiser ajuda para configurar a saída em braille dessa conta ou conferir a escrita braille dessa expressão, é só dizer o que deseja fazer. Fim da descrição.

Veja o próximo exemplo, com o envio dos dados gerados na matemática simplificada para o Brailendo e posterior cópia do meta texto para o Braille Fácil.

$$5(2+3)^2$$

Neste caso, para uma equação mais complexa, abra o Brailendo e a entrada matemática para digitação dos símbolos (Entrada matemática simplificada).

Figura 5.8 – Tela de entrada simplificada e tela Multiprática do Brailendo



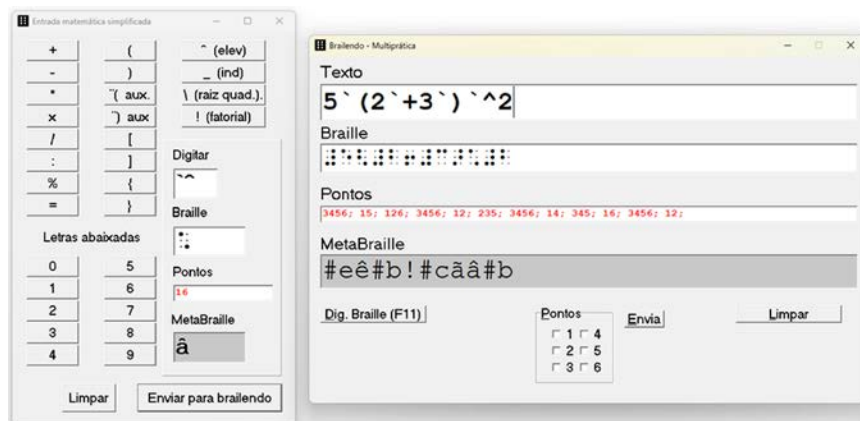
Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 5.8: Tela de entrada simplificada e tela Multiprática do Brailendo. Interface de programa de matemática em braille exibida em duas janelas lado a lado, em tons de cinza. Na esquerda, a janela tem o título “Entrada matemática simplificada”. Na parte de cima, há vários botões em coluna com símbolos matemáticos: + – * × / % =. Ao lado direito desses, há outra coluna de botões com: (;) ; ^ (elev); _ (ind); \ (raiz quad.); ! (fatorial). Mais abaixo, aparece o texto “Letras abajadas” seguido de uma grade de botões com algarismos: Na primeira coluna: 0, 1, 2, 3, 4. Na segunda coluna: 5, 6, 7, 8, 9. Abaixo desses botões há um botão grande escrito “Limpar”. À direita dessa área há a palavra “Digitar” com uma caixa de texto vazia logo

abaixo. Mais abaixo está a palavra “Braille” com outra caixa de texto vazia. Depois o texto “Pontos” com mais uma caixa de texto vazia. Na parte inferior dessa coluna há um retângulo grande em cinza com o rótulo “MetaBraille”. No canto inferior direito da janela esquerda há um botão grande escrito “Enviar para brailendo”. Na direita da imagem, há uma janela maior com o título “Brailendo – Multiprática”. Na parte superior interna, há o rótulo “Texto” com uma caixa de texto longa vazia embaixo. Logo abaixo, está o rótulo “Braille” com outra caixa de texto longa vazia. Em seguida vem o rótulo “Pontos” com mais uma caixa de texto longa vazia. Abaixo, um retângulo maior em cinza com o rótulo “MetaBraille”. Na região inferior dessa janela há, à esquerda, o texto sublinhado “Dig. Braille (F11)”. No centro inferior, uma pequena caixa com o título “Pontos” contendo três linhas, cada uma com uma caixa de seleção: 1 + 4; 2 + 5; 3 + 6. À direita dessa caixinha há um botão pequeno com o texto “Envia”. Mais à direita, outro botão igual com o texto “Limpar”. Fim da descrição.

Digite os algorismos diretamente no Brailendo e insira os símbolos na entrada simplificada clicando em **Enviar para Brailendo**.

Figura 5.9 – Tela de entrada simplificada e tela do Multiprática do Brailendo já com o texto da expressão



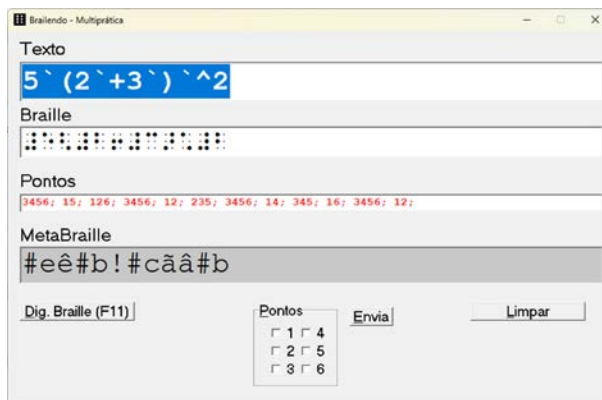
Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 5.9: Tela de entrada simplificada e tela do Multiprática do Brailendo. Janela de programa de entrada matemática em braille, com duas janelas lado a lado. À esquerda está a janela “Entrada matemática simplificada”. No topo há um título pequeno. Abaixo dele, um painel com muitos botões retangulares cinza-claro dispostos em grade. Na primeira coluna aparecem os botões: + – x / % =. Letras abai-xadas: 0 1 2 3 4. No rodapé há dois botões largos: “Limpar” e “Enviar para brailendo”. Na segunda coluna, de cima para baixo: () ; { } ; ^ (elev); _ (ind); \ (aux.); \ (raiz quad.); x) aux.; ! (fatorial). À direita desses botões, há uma área chamada “Digitar”. Nela há três campos editáveis alinhados verticalmente: um campo em branco logo após o rótulo “Digitar”; um campo após o rótulo “Braille”, contendo o símbolo de dois pontos verticais “?” (pontos 2-5 em braille); um campo após o rótulo

“Pontos”, onde está escrito “16” em texto normal. Abaixo há um campo cinza maior com o rótulo “MetaBraille”, que contém a letra “â” em destaque. À direita está outra janela maior intitulada “Brailendo – Multiprática”. Na parte superior há o campo “Texto”, bem largo, contendo: 5` (2` +3`) ^2. Logo abaixo há um campo “Braille” mostrando a mesma expressão em células braille: uma sequência de pontos em relevo, separados por pequenos espaços. Mais abaixo há o campo “Pontos”, com uma linha de números vermelhos separados por ponto e vírgula, indicando a numeração dos pontos de cada célula. A sequência visível é: 3456; 15; 126; 3456; 12; 235; 3456; 14; 345; 16; 3456; 12;. Em seguida, o campo “MetaBraille”, em cinza, contém a sequência: #eê#b! #cââ#b. Na parte inferior há a legenda “Dig. Braille (F11)” à esquerda e, à direita, três caixas de seleção sob o título “Pontos”, com as combinações: 1 r 4; 2 r 5; 3 r 6. À extrema direita há dois botões: “Envia” e “Limpar”. Fim da descrição.

Copie o texto no Brailendo e cole no Braille Fácil.

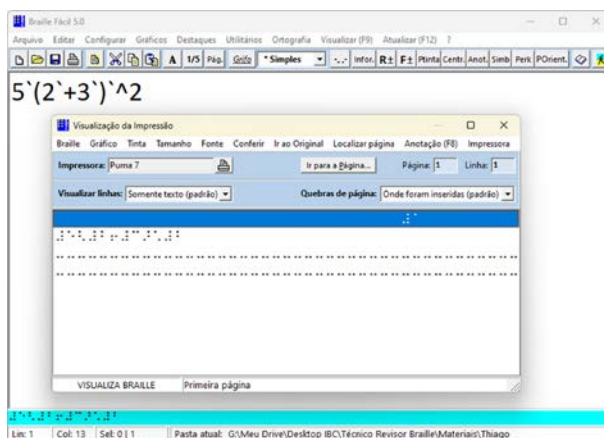
Figura 5.10 – Tela Brailendo multiprática e o texto a ser copiado para o Braille Fácil



Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 5.10: Tela Brailendo multiprática e o texto a ser copiado para o Braille Fácil. Janela de um programa chamado “Brailendo – Multiprática”. Na parte de cima aparece o rótulo “Texto” e, logo abaixo, uma caixa de edição com o conteúdo: “5` (2` +3`) ^2” (sem as aspas). Abaixo está o rótulo “Braille” e uma caixa com células em braille, mostradas como pontos em caracteres: “?? ??????? ?????”. (os espaços fazem parte da linha). Mais embaixo está o rótulo “Pontos” e, na caixa de texto ao lado, em vermelho: “3456; 15; 126; 3456; 12; 235; 3456; 14; 345; 16; 3456; 12;”. Logo depois vem o rótulo “MetaBraille” e uma grande área cinza preenchida com: “#eê#b! #cââ#b”. Na parte inferior esquerda há um link ou botão de texto “Dig. Braille (F11)”. Perto do centro inferior há o rótulo “Pontos” com uma pequena caixa contendo: linha 1: “? 1 4”; linha 2: “? 2 5”; linha 3: “? 3 6”. À direita dessa caixa há um botão “Envia”. Mais à direita, outro botão com a palavra “Limpar”.

Figura 5.11 – Tela de edição do Braille Fácil com o metatexto copiado e tela de visualização de impressão para comparar o código braille



Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 5.11: Tela de edição do Braille Fácil com o metatexto copiado e tela de visualização de impressão para comparar o código braille. Janela do programa Braille Fácil 5.0 aberta no Windows. Na parte de cima aparece a barra de menus com: Arquivo, Editar, Configurar, Gráficos, Destaques, Utilitários, Ortografia, Visualizar (F9), Atualizar (F12) e um menu de ajuda indicado por "?". Logo abaixo, há botões de ícones padrão, como: Novo, Abrir, Salvar, Imprimir, além de controles de formatação como tipo de página, estilo "* Simples", e opções como "Infor.", "R±", "F±", "Pinta", "Centr.", "Anot.", "Simb", "Perk", "P.Orient.". No corpo principal do documento, aparece o texto em tinta: "5^(2+3)^(^2". Sobreposto a essa área, mais ao centro, está aberta outra janela chamada "Visualização da Impressão". Essa janela tem várias abas na parte superior: Braille, Gráfico, Tinta, Tamanho, Fonte, Conferir, Ir ao Original, Localizar página, Anotação (F8), Impressora. Logo abaixo, há um campo "Impressora:" configurado para "Puma 7" e um botão com ícone de lupa à direita. Ao lado há um botão "Ir para a Página...". Mais à direita aparecem os campos "Página: 1" e "Linha: 1". Em seguida, há uma linha com dois campos de lista: "Visualizar linhas:" ajustado para "Somente texto (padrão)" e "Quebras de página:" definido como "Onde foram inseridas (padrão)". Abaixo, há uma área branca grande que mostra o conteúdo em braille na forma de pontos, distribuídos em linhas, com alguns padrões na primeira linha e vários pontos em sequência nas linhas seguintes. Na parte inferior dessa janela, há um botão "VISUALIZA BRAILLE" e um botão "Primeira página". Na barra de status do Braille Fácil, na parte de baixo da tela, aparecem as informações: "Lin: 1", "Col: 13", "Sel: 0 | 1" e, mais à direita, "Pasta atual: G:\Meu Drive\Desktop IBC\Técnico Revisor Braille\Material\Thiago". Fim da descrição.

Obtendo textos em braille matemático usando AsciiMath com Brailendo

Podemos converter textos matemáticos AsciiMath no Brailendo que, após a conversão, podem ser copiados para o Braille Fácil para serem impressos no papel. Esta funcionalidade é muito útil para aqueles que não estão familiarizados nem com o braille e tampouco com o CMU. A partir de uma fórmula digitada em AsciiMath, é possível produzir uma transcrição com sucesso.

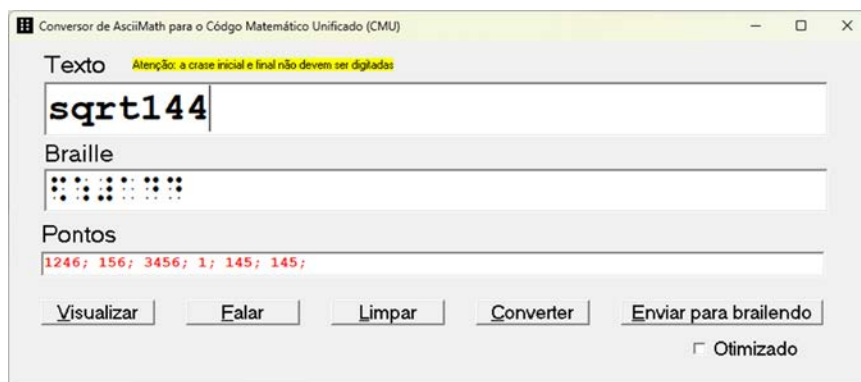
Digitando em AsciiMath

Vejamos, como exemplo, a expressão:

$\sqrt{144}$ (raiz quadrada de 144).

Vamos selecionar a opção **Digitação com AsciiMath** do Menu matemática do Brailendo e, em seguida, selecionar **Brailendo em AsciiMath**. Aparecerá uma tela cujo título é “Conversor de AsciiMath para o Código Matemático Unificado (CMU).

Figura 5.12 – Tela Brailendo em AsciiMath, do item Digitação com AsciiMath do Menu Matemática do Brailendo



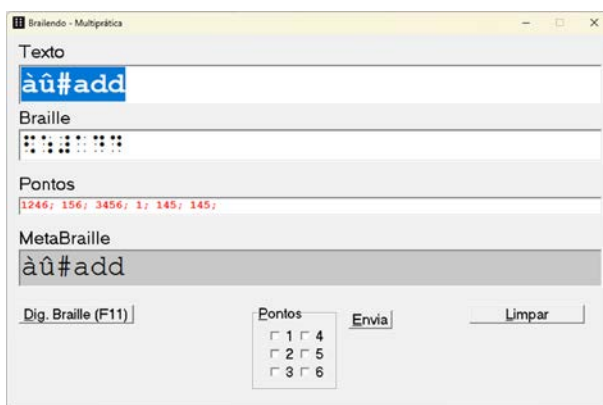
Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 5.12: Tela Brailendo em AsciiMath, do item Digitação com AsciiMath do Menu. Janela do programa “Conversor de AsciiMath para o Código Matemático Unificado (CMU)” aberta no Windows. Na parte superior, uma barra amarela contém

o aviso: “Atenção: a crase inicial e final não devem ser digitadas”. Campo com rótulo “Texto”. Dentro dele está digitado: “sqrt144”. Logo abaixo há o rótulo “Braille”. No campo correspondente aparecem os caracteres em braille: ⠠⠑⠗⠗⠞⠠⠑⠒⠠⠑⠒. Mais abaixo está o rótulo “Pontos”. Nesse campo está escrito: 1246; 156; 3456; 1; 145; 145. Na faixa inferior da janela há botões, em sequência da esquerda para a direita: Visualizar; Falar; Limpar; Converter; Enviar para brailendo. No canto inferior direito há uma caixa de seleção com o texto “Otimizado”, atualmente desmarcada. Fim da descrição.

Digitamos sqrt 144 (AsciiMath) no conversor, clicando em converter, e depois clicamos em **Enviar para Brailendo**.

Figura 5.13 – Tela Multiprática com o AsciiMath convertido já copiado

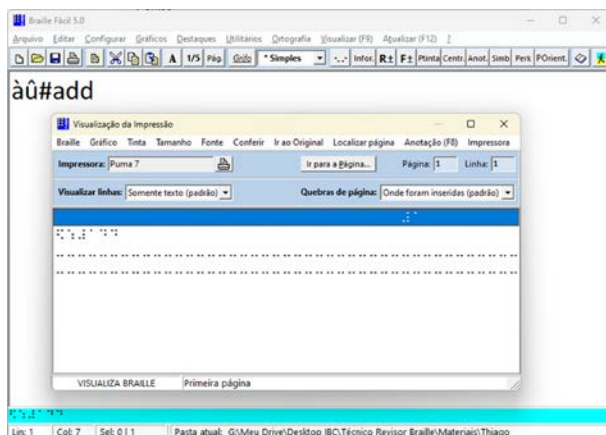


Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 5.13: Tela Brailendo – Multiprática com o AsciiMath convertido já copiado. Janela de programa chamada “Brailendo – Multiprática” em um ambiente do Windows. Na parte superior aparece o rótulo “Texto” e logo abaixo um campo de edição grande. Dentro dele está escrito: “â#add”. Esse texto está selecionado em azul. Abaixo desse campo há o rótulo “Braille” e um campo que mostra células braille em preto. A sequência é: célula com pontos 1-2-4-6; célula com pontos 1-5-6; célula com pontos 3-4-5-6; célula com pontos 1; célula com pontos 1-4-5; célula com pontos 1-4-5. Logo depois há o rótulo “Pontos” e um campo com texto em vermelho contendo: “1246; 156; 3456; 1; 145; 145;”. Mais abaixo aparece o rótulo “MetaBraille” e um campo cinza que repete o texto “â#add”. Na parte inferior esquerda há um botão com o texto “Dig. Braille (F11)”. Mais ao centro, existe um pequeno quadro com o título “Pontos”, contendo seis caixas de seleção organizadas em duas colunas: linha 1: “1” à esquerda e “4” à direita; linha 2: “2” à esquerda e “5” à direita; linha 3: “3” à esquerda e “6” à direita. À direita desse quadro há um botão “Envia”. Mais à direita, quase no canto, há um botão “Limpar”. Fim da descrição.

Copiamos o texto **em metabraille**, que aparece convertido no Brailendo (confira se o braille está correto).

Figura 5.14 – Texto metabrilaille copiado para o Braille Fácil e a sua visualização da impressão para comparação do braille



Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 5.14: Texto metabrilaille copiado para o Braille Fácil e a sua visualização da impressão para comparação do braille. Janela do programa Braille Fácil 5.0 aberta no Windows. Na parte de cima aparece a barra de menus com: Arquivo, Editar, Configurar, Gráficos, Destaques, Utilitários, Ortografia, Visualizar (F9), Atualizar (F12) e um menu de ajuda indicado por "?". Logo abaixo há botões de ícones padrão, como Novo, Abrir, Salvar, Imprimir, além de controles de formatação como tipo de página, estilo "* Simples", e opções como "Infor.", "R+", "F+t", "Pinta", "Centr.", "Anot.", "Simb", "Perk", "P.Orient.". No corpo principal do documento aparece o texto em tinta "àu#add". Em primeiro plano há uma janela menor chamada "Visualização da Impressão". Essa janela tem várias abas na parte superior: Braille, Gráfico, Tinta, Tamanho, Fonte, Conferir, Ir ao Original, Localizar página, Anotação (F8), Impressora. Logo abaixo há um campo "Impressora:" configurado para "Puma 7" e um botão com ícone de lupa à direita. Ao lado há um botão "Ir para a Página...". Mais à direita aparecem os campos "Página: 1" e "Linha: 1". Em seguida há uma linha com dois campos de lista: "Visualizar linhas:" ajustado para "Somente texto (padrão)" e "Quebras de página:" definido como "Onde foram inseridas (padrão)". Abaixo fica uma área grande que mostra o conteúdo em braille na forma de pontos, distribuídos em linhas, com alguns padrões na primeira linha e vários pontos em sequência nas linhas seguintes. Na parte inferior dessa janela há um botão "VISUALIZA BRAILLE" e, ao lado, um botão "Primeira página". Na barra de status do Braille Fácil, na parte de baixo da tela, aparecem as informações: "Lin: 1", "Col: 7", "Sel: 0 | 1" e, mais à direita, "Pasta atual: G:\Meu Drive\Desktop IBC\Técnico Revisor Braille\Materiais\Thiago". Fim da descrição.

Pronto! O texto está convertido e pronto para impressão!

Copiando direto do código visual de braille

É muito importante notar que **copiamos de Metabrilhe do Brailendo para o Braille Fácil** e não do código em braille diretamente.

A razão para isso é que o código braille comumente utilizado é o *American Braille Code*, o que traz problemas e vantagens:

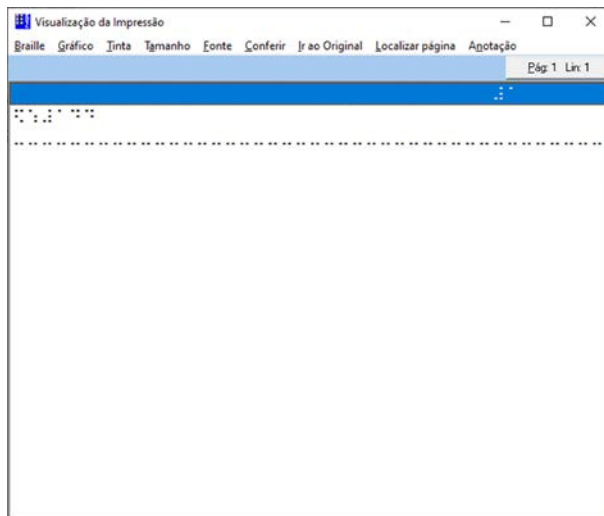
- a) Por usar um código que existe em quase todos os equipamentos da atualidade, é muito provável que o programa funcione em quase todas as impressoras.
- b) Por outro lado, o código braille americano não é idêntico ao utilizado no Brasil. Por essa razão é que se utiliza Metabrilhe, que é um código brasileiro, que é facilmente convertido para o braille das impressoras.

Isso não quer dizer que não se possa copiar diretamente de braille para o Braille Fácil. Não é algo desejável, mas funciona. Para fazer isso, basta usar o comando **<F*>** precedendo o trecho copiado e colado diretamente de braille. Após o trecho em braille colado, volta-se ao procedimento normal do Braille Fácil, com o comando **<F+>**.

Exemplo: vamos tomar diretamente o código braille desta expressão, sem passar pelo Brailendo. A figura abaixo mostra uma tela do item do Menu de Matemática do Brailendo com o código AsciiMath $\sqrt{144}$

Que ao ser visualizado aparece como:

Figura 5.16 – Visualização da impressão da sequência digitada no Braille Fácil



Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 5.16: Visualização da impressão da sequência digitada no Braille Fácil. Janela de um programa chamado “Visualização da Impressão” no Windows. Na parte de cima há uma barra de menus com as opções: Braille; Gráfico; Tinta; Tamanho; Fonte; Conferir; Ir ao Original; Localizar página; Anotação. No canto superior direito aparece a indicação: “Pág: 1 Lin: 1”. Abaixo, numa faixa azul horizontal, há uma espécie de linha de status ou área de edição. Na área principal branca da página aparece uma única linha em braille impresso com pontos e espaços. É uma sequência curta, algo como caracteres em braille no começo da linha e, mais para a direita, outra pequena sequência, seguida de uma linha de pontos que se estende quase toda a largura da página. A quantidade exata de células braille não é distinguível, apenas que há uma linha única de braille na primeira linha e o restante da página está em branco. Fim da descrição.

Exercícios

1. De acordo com o capítulo, qual é a principal vantagem de utilizar o Brailendo para gerar expressões matemáticas e depois copiá-las para o Braille Fácil?

A) O Brailendo imprime diretamente em impressoras Braille sem necessidade do Braille Fácil.

B) O Brailendo permite que pessoas que ainda não dominam ou têm dificuldade na transcrição de textos matemáticos possam gerar o código correto para o Braille Fácil.

C) O Brailendo é o único programa que reconhece comandos em inglês para matemática.

D) O Brailendo converte automaticamente qualquer imagem em descrição tátil.

2. No processo de copiar do Brailendo para o Braille Fácil, o capítulo alerta que não se deve copiar diretamente o código braille visual (American Braille Code). Qual é a razão apresentada?

A) O código braille americano é idêntico ao brasileiro, mas não funciona em impressoras nacionais.

B) O código braille americano não é idêntico ao utilizado no Brasil; por isso utiliza-se o Metabrilhe, que é um código brasileiro facilmente convertido para as impressoras.

C) O código braille americano é patenteado e não pode ser usado em programas gratuitos.

D) O código braille americano só funciona em sistemas operacionais Linux.

3. O capítulo apresenta uma funcionalidade do Brailendo que permite converter textos matemáticos escritos em AsciiMath diretamente para o Código Matemático Unificado (CMU). Qual é o caminho no menu do Brailendo para acessar essa funcionalidade?

A) Menu Arquivo → Exportar → AsciiMath

B) Menu Matemática → Digitação com AsciiMath → Brailendo em AsciiMath

C) Menu Ferramentas → Conversor Unicode → Braille

D) Menu Configurar → Opções Avançadas → AsciiMath

4. Quando se deseja colar diretamente no Braille Fácil um código braille copiado do Brailendo (sem passar pelo Metabrilie), quais comandos devem ser usados para delimitar o trecho colado?

- A) <F*> antes do trecho e <F+> após o trecho
- B) <P> antes do trecho e </P> após o trecho
- C) <R+> antes do trecho e <R-> após o trecho
- D) <T+> antes do trecho e <T-> após o trecho

Gabarito: 1 – B; 2 – B; 3 – B; 4 – A

Capítulo 6

Os deficientes visuais e a dificuldade de acesso às informações gráficas

As informações estão cada vez mais visuais

É inegável que a forma como consumimos informações está passando por uma mudança significativa, onde a preferência por conteúdo visual está crescendo em comparação com o texto. Um dos principais termômetros desse fenômeno é a ascensão vertiginosa das redes sociais e plataformas computadorizadas com compartilhamento de conteúdo quase completamente visual, como Facebook, Instagram, TikTok e YouTube. Essas plataformas oferecem uma experiência altamente visual e absorvente, onde fotos, vídeos curtos, infográficos e memes captam a atenção de forma rápida e eficaz, e tem profundas implicações na maneira como apreendemos e processamos informações diariamente.

“Uma imagem vale mais que mil palavras”, afirma o ditado que a neurociência confirma, demonstrando cientificamente que o cérebro humano processa informações visuais de maneira mais eficiente e rápida do que o texto. As imagens e vídeos também têm o potencial de gerar maior impacto emocional, facilitando a memorização e o compartilhamento das informações.

Esta rápida ascensão do uso de gráficos computadorizados está associada a três fenômenos tecnológicos: o aumento da capacidade de memória dos dispositivos digitais, a representação das imagens como uma matriz de pontos (*pixels*) e o aumento da velocidade de transmissão das informações (leia-se, em particular, *Internet*). Em outras palavras, em

poucos anos tornou-se muito rápido e muito barato transmitir, exibir e armazenar imagens.

Esta mudança da preferência do texto para imagem trouxe um enorme vazio cultural para as pessoas cegas. Elas haviam sido presenteadas com a possibilidade de leitura textual, primeiro através do braille, e depois pelo uso dos sintetizadores de voz, mas perderam acesso a uma quantidade imensa de informações, tornadas tão inacessíveis quanto eram antes da invenção da escrita tátil para cegos em 1825.

A resposta para este problema ainda não foi encontrada, mas algumas ações já surtem efeito, especialmente nas imagens e vídeos difundidos de forma pública, por exemplo:

- a) adoção de mecanismos, garantidos por lei, que obrigam que seja feita a descrição das imagens, em particular nos sites governamentais e de interesse público (acessibilidade na web).

Nota: no Brasil deveriam ser seguidos padrões, como a Cartilha Acessibilidade na Web do W3C Brasil, por todos os criadores de sites e sistemas. Infelizmente, o índice de sites acessíveis ainda é irrisório.

- b) audiodescrição de filmes e novelas, que foi conseguida com negociação de grupos e associações de pessoas cegas com as empresas de difusão midiática.
- c) descrição de imagens por inteligência artificial, realizada por empresas como o Facebook, demonstraram que é viável a adoção de mecanismos definitivos de acessibilização nas redes sociais. Entretanto, o custo desta descrição desencoraja as companhias a tornar isso uma prática corrente.
- d) A criação sistemas automatizados de reconhecimento de imagem com inteligência artificial, disponibilizados em produtos gratuitos para telefones celulares como o Seeing-AI (Microsoft) e Lookout (Google) e outros dispositivos como o OrCam MyEye (OrCam Technologies Ltd).

- e) *Softwares* de conversão de dados visuais: já existem *softwares* que convertem certos tipos de informações visuais em formatos acessíveis, como áudio ou braille, permitindo que as pessoas com deficiência visual tenham acesso aos dados de forma adaptada ou alternativa.

Não podemos esquecer também que, embora a deficiência visual limite a capacidade de interpretar informações visuais diretamente, existem maneiras alternativas de tornar os dados gráficos acessíveis a pessoas cegas ou com baixa visão.

Concluindo, é crucial que informações gráficas sejam tornadas acessíveis para garantir que todos, independentemente da capacidade visual, tenham a oportunidade de compreendê-las e acessá-las, promovendo assim a inclusão com equidade, que é essencial para o progresso social.

Desenvolvendo nos cegos a capacidade de desenhar e ler desenhos já criados

A representação de gráficos para que seja acessada através do tato, em essência, exige que a pessoa consiga passar dedos ou mãos sobre uma figura em relevo e saber identificar o que está ali representado. Isso, entretanto, é muito mais difícil do que parece, e na prática poucas pessoas são capazes de fazê-lo sem um treinamento específico nada trivial, como veremos adiante.

Produzir desenhos táteis sobre algum tipo de papel ou plástico não é um problema difícil, e já existem muitas soluções prontas para isso. Por exemplo:

- Na Figura 6.1, vemos um gráfico tátil produzido por uma impressora 3D gerando um mapa de uma cidade.
- Na Figura 6.2, vemos um papel especial, que pode ser impresso numa impressora comum de computador, mas cujos pontos escuros da impressão ao serem aquecidos numa máquina especial estufam formando um relevo de cerca de 1 mm de altura (o equipamento de aquecimento é chamado de máquina fusora).

- Na Figura 6.3, vemos um desenho criado com pontinhos numa impressora Braille.

Figura 6.1 – Mapa de uma cidade impresso com técnicas de impressão 3D



Fonte: Acervo de fotos do autor.

Descrição da figura 6.1: Mapa de uma cidade impresso usando técnicas de impressão 3D. Mapa tátil em alto-relevo sendo explorado com as mãos. A peça é quadrada, de cor branca, com ruas, quarteirões e construções representados em relevo, formando um esquema de cidade ou bairro. Ao fundo há um caminho curvo de piso claro e áreas verdes, sugerindo um ambiente externo como parque ou jardim. Fim da descrição.

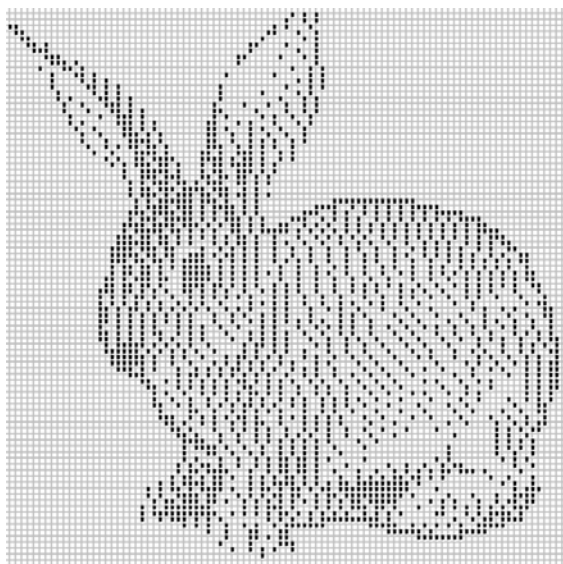
Figura 6.2 – Gráfico impresso em papel estufável



Fonte: Acervo de fotos do autor.

Descrição da figura 6.2: Gráfico impresso em papel estufável. Máquina de termografia de superfície metálica com duas ventoinhas circulares na parte superior, aquecendo um papel que passa por dentro dela. O papel está sendo puxado ou empurrado pela abertura frontal iluminada. No papel aparece um desenho simples em preto de uma casa com telhado, porta e janela, ao lado de uma figura humana pequena e uma linha representando o chão. O cabo de energia da máquina sai pela lateral direita. Fim da descrição.

Figura 6.3 – Desenho de um coelho, que mesmo tátil, provavelmente será incompreensível para um cego



Fonte: Gerado pelo gemini.

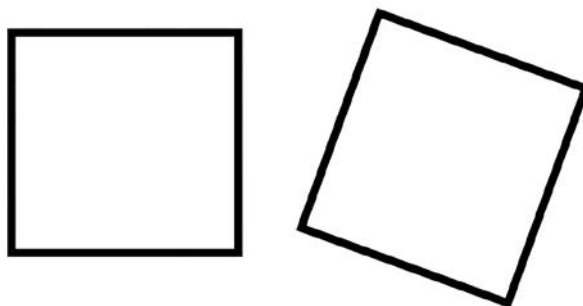
Descrição da figura 6.3: Desenho de um coelho. Gráfico em ponto de cruz formando a silhueta de um coelho. O coelho está de perfil, voltado para a direita, com o corpo todo desenhado por pequenos quadradinhos pretos em um fundo quadriculado claro. As duas orelhas estão levantadas, uma mais à frente e outra ligeiramente atrás. O olho aparece como um pequeno grupo de pontos escuros. A cabeça é arredondada, o pescoço é curto e o corpo é volumoso, com a linha das costas em curva suave até a região traseira. As patas dianteiras ficam dobradas sob o peito e as patas traseiras aparecem apoiadas no chão, delimitando a base do desenho. O rabinho é curto e arredondado, marcando o final da silhueta. Fim da descrição.

O problema, portanto, em geral, não está em como se produz o relevo, mas sim, em como este relevo será interpretado por quem não enxerga. Na figura do coelho, por exemplo, uma pessoa cega provavelmente só perceberá uma textura sem sentido.

O programa Braille Fácil é um editor de textos para a transcrição e impressão em braille. Nele, editaremos os textos de acordo com as regras de formatação usadas no Brasil, a fim de obter uma impressão legível e organizada.

Tomemos uma representação geométrica simples: dois quadrados, um deles rodado. A maior parte das crianças que enxergam é capaz de observar um conjunto de linhas e identificá-las como um quadrado, mesmo que ele seja apresentado com certa rotação. Esse conhecimento é adquirido quase intuitivamente, logo nos primeiros anos de vida, com a observação do mundo que a cerca, e de escutar o nome dito pelos mais velhos para indicar o que é aquilo: um quadrado.

Figura 6.4 – Quadrados apresentados em alinhamentos diferentes

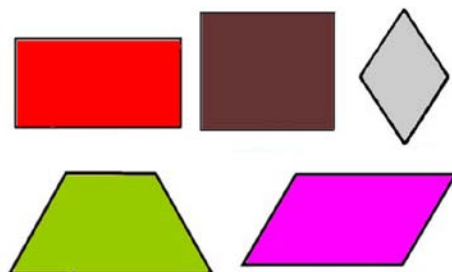


Fonte: Gerado pelo gemini.

Descrição da figura 6.4: Quadrados apresentados em alinhamentos diferentes. Dois quadrados com bordas pretas. À esquerda, um quadrado com lados na posição “normal”, isto é, lados paralelos às bordas da imagem, parecendo em pé retinho. À direita, um quadrado idêntico em tamanho e espessura de borda, mas girado em torno do próprio centro, de modo que nenhum dos lados fica paralelo às bordas da imagem; ele parece “inclinado” ou “em rotação”. Fim da descrição.

A criança cega, por outro lado, terá que ser ensinada, sendo seus dedos e mãos guiados por sobre a figura tátil, para que identifique os trechos retilíneos e os ângulos. A diferenciação do que é um quadrado, retângulo, trapézio, paralelogramo ou losango, será bem mais difícil, mesmo que se busque na explicação detalhada de um procedimento de medição, tanto do tamanho quanto dos ângulos, a chave para a compreensão.

Figura 6.5 – Quadriláteros diversos

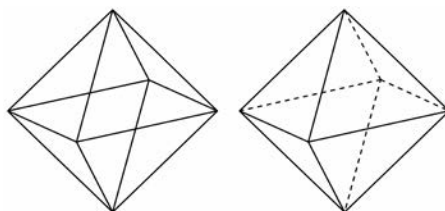


Fonte: Gerado pelo gemini.

Descrição da figura 6.5: Quadriláteros diversos. Cinco quadriláteros coloridos sobre fundo branco. Na parte de cima, à esquerda, há um retângulo vermelho, com lados opostos paralelos e ângulos retos. No centro acima, há outro retângulo, marrom-escuro, também com quatro ângulos retos. À direita acima, há um losango cinza-claro, com quatro lados iguais e forma de diamante, contornado por linha preta. Na parte de baixo, à esquerda, há um trapézio verde, com a base de baixo maior que a de cima e os lados inclinados. Na parte de baixo, à direita, há um paralelogramo rosa-choque, com lados opostos paralelos e ângulos oblíquos (não retos). Fim da descrição.

O tema é ainda mais complexo quando se busca representar em duas dimensões algum objeto tridimensional. Neste caso, a existência das inclinações nas linhas, derivadas da perspectiva, é quase incompreensível ao toque. Tente descrever em palavras como se chega no desenho de projeções 3D, à esquerda, que representa um simples octaedro regular em perspectiva (coisa complexa até mesmo para quem enxerga). Mesmo para quem enxerga, é preciso pontilhar algumas linhas para indicar o que fica atrás da figura e o que está mais próximo do olho (à direita), convenção também pouco útil para quem é cego.

Figura 6.6 – Projeções em 2D de um octaedro 3D

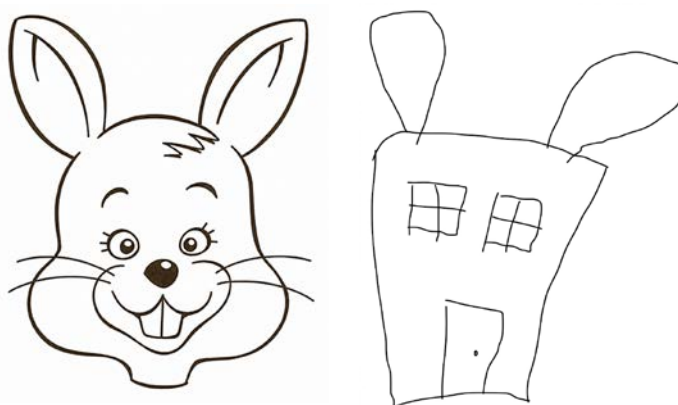


Fonte: Gerado pelo gemini.

Descrição da figura 6.6: Projeções em 2D de um octaedro 3D. Dois sólidos em forma de octaedro regular estão representados lado a lado. O sólido da esquerda é um octaedro com todas as arestas visíveis traçadas com linhas contínuas mais grossas. Um quadrilátero central aparece como se fosse um “losango” deitado, ligando quatro vértices médios das arestas do octaedro. Desse quadrilátero saem segmentos que vão até os vértices superior e inferior, formando várias subdivisões triangulares no interior do sólido. O sólido da direita é essencialmente o mesmo octaedro, mas agora algumas arestas internas estão tracejadas, indicando que essas partes estariam na parte “de trás” do sólido, enquanto as demais linhas continuam sólidas. A figura enfatiza a ideia de que se trata de um mesmo poliedro visto de forma transparente, com as diagonais internas desenhadas para mostrar sua estrutura espacial. Fim da descrição.

Se tomarmos um desenho qualquer, representando um objeto real, como um coelho, podemos usar simplificações que podem ser muito diferentes da realidade, mas que são ensinadas na escola, e podem ser interpretadas diferentemente dependendo da experiência prévia do indivíduo. De acordo com o que se ensina tradicionalmente, com relação aos próximos desenhos, o da esquerda provavelmente será interpretado como um coelho; já o da direita, pode ser interpretado como um porquinho com duas orelhas por certa criança ou por uma casa com duas árvores atrás por outra.

Figura 6.7 – Desenhos de um coelho produzidos por um artista e por uma criança



Fonte: Gerado pelo gemini.e desenho a mão livre pelo autor.

Descrição da figura 6.7: Desenhos de um coelho produzidos por um artista e por uma criança. À esquerda a cabeça de um coelho desenhada por um desenhista em estilo de desenho infantil, apenas em contorno preto, sem cores preenchidas. O coelho está de frente, com duas orelhas grandes e eretas. Os olhos são redondos, com cílios visíveis e sobrancelhas pequenas arqueadas. O nariz é pequeno, oval e escuro, no

centro do focinho. A boca está aberta em um sorriso largo, com dois dentes incisivos grandes e separados aparecendo embaixo. Há algumas linhas indicando bochechas cheias e bigodes finos para os lados. No topo da testa há um pequeno tufo de pelos desenhado com três traços curvos. À direita um desenho simples em preto de uma forma que mistura casa e coelho. O corpo principal é um retângulo alto e estreito, ligeiramente torto. Na parte de cima desse retângulo há duas formas ovais grandes, uma em cada lado, lembrando orelhas compridas de coelho. Na metade superior da “casa” há dois retângulos menores lado a lado que parecem janelas. Na parte de baixo há um retângulo alongado que lembra uma porta. As linhas são tremidas e irregulares, com aparência de rascunho infantil feito rapidamente. Fim da descrição.

Repare que no caso do coelho, mesmo que fôssemos bem fiéis na representação, e colocássemos um relevo bidimensional bastante fiel do ponto de vista visual, como mostrado anteriormente na figura impressa numa impressora Braille, uma pessoa cega que nunca tivesse sido apresentada a este desenho dificilmente conseguiria interpretar o que está representado.

As pessoas cegas podem aprender a desenhar e interpretar desenhos, embora isso possa ser desafiador, especialmente se a pessoa perdeu a visão após ter tido a experiência de ver. A capacidade de desenhar e interpretar desenhos dependerá de diversos fatores, como a idade em que a pessoa perdeu a visão, seu nível de habilidade, experiência prévia com desenhos e a técnica utilizada para aprender a desenhar sem visão.

Existem métodos e técnicas que permitem que pessoas cegas consigam habilitar-se para desenhar e interpretar desenhos. Essas técnicas não são triviais e devem ser treinadas exaustivamente.

Treinamento em geração manual de desenhos táteis

O mais cedo possível, é muito indicado orientar a pessoa cega (não importa se criança ou adulta) no treinamento para gerar desenhos usando ferramentas específicas que irão produzir relevos e marcas perceptíveis com o tato.

Importante: Não estamos falando aqui da estimulação tátil, da vivência com diversas texturas e materiais, bem como a avaliação da prontidão muscular, que apesar de serem pré-requisitos para as ações que descrevemos aqui, fogem aos objetivos deste texto.

Neste processo existe um problema inicial: como produzir estas marcas de maneira simples e facilmente detectável com o tato?

a) Primeiras soluções

Poderíamos pensar em uma superfície de papel colocado sobre uma prancheta e um lápis ou marcador, pressionado fortemente sobre o papel enquanto se desenha. Entretanto, as marcas feitas desta maneira são praticamente invisíveis.

Nós, em nossa fase inicial de pesquisa, chegamos a usar uma solução muito simples e funcional. Usamos papel comum posicionado sobre uma prancheta, mas entre os dois colocamos uma tela de mosquito, que é bem porosa. Usamos para riscar um lápis de carpinteiro com ponta relativamente grossa. Conseguimos, a mão livre, obter durante o risco uma boa rugosidade sobre o papel, sensível ao tato.

Trocar a tela de mosquito por uma superfície plana de borracha é uma solução, mas não é qualquer borracha! Se a densidade for incorreta, o risco sobre o papel provocará o rasgo deste.

OBSERVAÇÃO: Uma demonstração desta técnica pode ser achada no vídeo “Toque de mestre – desenho para cegos”, do Programa “Como Será?” apresentado em uma rede de TV (<https://globoplay.globo.com/v/6120076/>), onde uma professora do colégio Pedro II do Rio de Janeiro, ensina fundamentos de geometria para seus alunos usando uma técnica similar a esta (Figura 169).

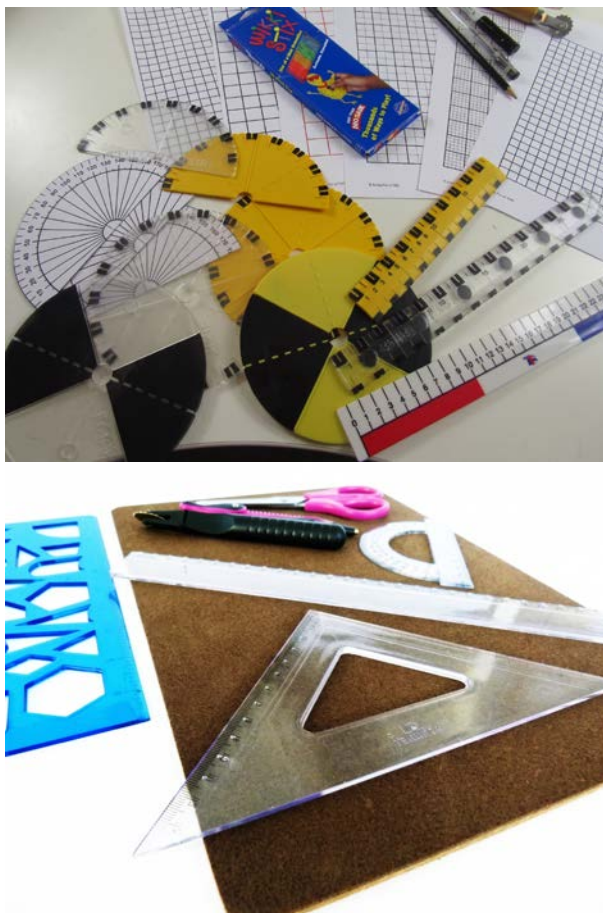
Figura 6.8 – Professora ensina fundamentos de geometria com papel sobre borracha e instrumentos adaptados



Fonte: <https://g1.globo.com/como-sera/noticia/2017/09/toque-de-mestre-de-senho-para-cegos.html>.

Descrição da figura 6.8: Professora ensina fundamentos de geometria com papel sobre borracha e instrumentos adaptados. Grupo de pessoas em volta de uma mesa redonda fazendo uma atividade de artes. Sobre a mesa há várias folhas retangulares escuras com riscos coloridos, como se fossem desenhos sendo revelados ao raspar a superfície. Quatro jovens com uniforme branco estão sentados próximos uns dos outros; dois deles sorriem, enquanto os outros dois parecem concentrados desenhando nas folhas. À esquerda está uma mulher adulta de cabelos castanhos escuros e óculos, vestida de preto, olhando na direção da câmera. A mesa tem uma toalha estampada clara, e ao fundo há estantes, computadores, cadeiras de escritório e murais com papéis afixados, sugerindo um ambiente de sala de aula ou laboratório de informática. Pendurados mais ao fundo aparecem alguns balões coloridos. Fim da descrição.

Figura 6.9 – Instrumentos de desenho adaptados para uso por cegos



Fonte: Acervo de fotos do autor.

Descrição da figura 6.9: Alguns instrumentos de desenho adaptados para uso por cegos. À esquerda um conjunto de instrumentos de desenho e medição escolar sobre uma mesa clara. Há vários transferidores circulares e semicirculares, alguns amarelos e outros transparentes com partes pretas, com marcações em graus. Entre eles, aparecem réguas retas transparentes e uma régua mais longa com partes branca, vermelha e azul, com escala em centímetros. Também há folhas de papel com grades quadriculadas impressas, dispostas em leque sob os instrumentos. Na parte superior da imagem, há uma caixa colorida de lápis de cor, predominantemente azul, com ilustrações infantis. No canto superior direito, aparecem duas canetas ou lapiseiras metálicas próximas das folhas quadriculadas. À direita um conjunto de materiais de desenho técnico sobre uma prancheta marrom. Há um esquadro transparente em forma de triângulo, com marcações de medida em um dos lados. Ao lado dele há

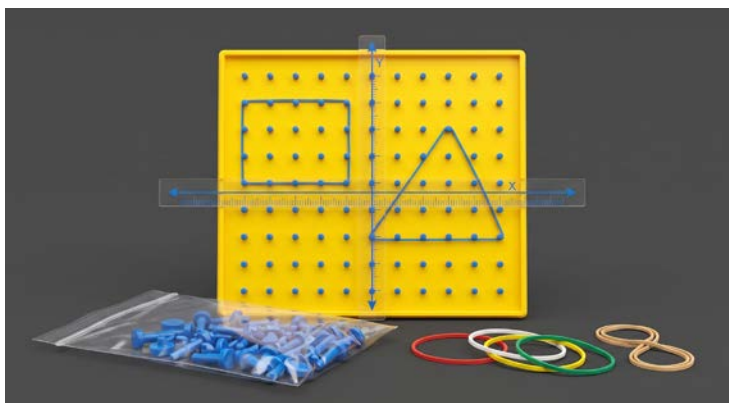
uma régua reta transparente, bem comprida. Perto da parte superior da imagem há um goniômetro ou transferidor em formato de meio círculo, também transparente. À esquerda está um molde azul de plástico, com vários recortes geométricos vazados. Na parte de cima da prancheta há um estilete preto com detalhes em rosa. O fundo é totalmente branco, destacando os objetos de desenho. Fim da descrição.

Nesta marcação podem ser usados instrumentos de traçado, adaptados quando possível, com a adição de marcas táteis sobre as medidas impressas no instrumento. Podem ser também usadas régua, compassos, esquadros, regletes, papel texturizado, estiletes entre outros, experimentados pelo professor e por seus alunos, tendo uma ideia principal em mente: o aluno cego deve poder criar desenhos da melhor forma possível, e depois lê-los, utilizando o sentido do tato.

Nota: deve-se poder sentir as formas, contornos e texturas, permitindo uma representação tátil do que está sendo desenhado. Desta maneira, é possível tentar-se várias alternativas, sempre em parceria com os alunos.

Nestas atividades, devemos treinar alguns conceitos geométricos importantes, em particular o reconhecimento e o traçado de figuras geométricas tradicionais, bem como traçados específicos: paralelos, perpendiculares, angulados etc. Pode-se nesta atividade usar instrumentos similares aos que vimos em pontos anteriores deste curso, como o Geoplano, o Multiplano etc.

Figura 6.10 – Geoplano com eixos para ensino de coordenadas cartesianas



Fonte: Gerado pelo gemini.

Descrição da figura 6.10: Geoplano com eixos para ensino de coordenadas cartesianas. Tabuleiro geométrico amarelo com furos alinhados em grade. Sobre o tabuleiro há dois eixos transparentes em forma de cruz, marcados com setas e números, formando um sistema de coordenadas cartesianas. Em alguns furos estão encaixados pinos azuis. Do lado esquerdo no plano está formado um quadrado com elásticos finos azuis presos aos pinos. Do lado direito está formado um triângulo com elásticos finos azuis presos a outros pinos. À frente do tabuleiro, à esquerda, há um saquinho plástico transparente contendo vários pinos azuis soltos. À frente, à direita, há um conjunto de elásticos coloridos soltos (vermelhos, verdes, amarelos e de outras cores), em tamanhos variados, sobre uma superfície escura. Fim da descrição.

O mais importante neste momento é que o aluno desenvolva as habilidades de produzir desenhos geométricos simples e noções de posicionamento e ângulo entre os elementos gráficos.

As pessoas cegas devem desenvolver a intuição para compreenderem e reproduzirem desenhos usando meios táteis. Isso pode envolver a memorização de formas, proporções e estruturas por meio do toque e até da audição. Desenvolver essa intuição requer prática, experiência e o uso de métodos específicos que estimulem o entendimento tátil de elementos visuais.

Importante: A exposição regular a diferentes formas de representações táteis e a disponibilidade de recursos adequados são fundamentais para aprimorar a capacidade de compreensão de informações gráficas por parte de uma pessoa cega.

b) Prancheta tátil profissional

Figura 6.11 – Prancheta tátil Draftsman



Fonte: Acervo de fotos do autor.

Descrição da figura 6.11: Prancheta tátil Draftsman. Uma prancheta ou base retangular de cor verde escura, com superfície interna bege e um objeto semelhante a uma caneta apoiado por cima. A estrutura é baixa e achatada, com bordas grossas verdes em todo o contorno. Na borda mais distante há uma régua ou barra com marcações

em relevo, que ocupa todo o comprimento da peça. Na lateral esquerda há um grande botão ou disco circular branco encaixado na moldura verde. A peça está fechada ou em posição de descanso, apoiada sobre uma superfície lisa clara, com o fundo totalmente branco. Fim da descrição.

Há no mercado internacional algumas pranchetas que implementam as características descritas anteriormente, com excelente manuseabilidade e excelente resultado de traçado tátil. Entretanto, são equipamentos bastante caros, e de difícil aquisição no país. A título de curiosidade, sugerimos o acesso a

<https://www.aph.org/product/draftsman-tactile-drawing-board/>

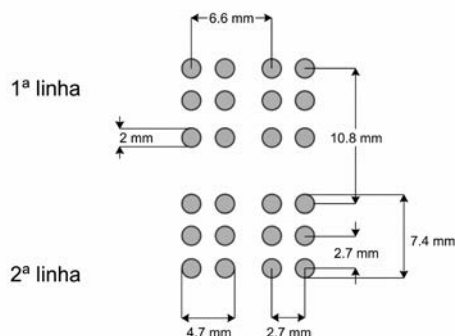
O papel que se utiliza nestes equipamentos (chamados de *German Paper*) tem uma característica especial que faz com que quando se produz a marca, ele estufe na parte marcada. Devemos, entretanto, frisar que este tipo de papel, ideal para o ensino, é difícil de adquirir no Brasil, e quando existe aqui é extremamente caro.

c) *Leitura de desenhos criados em impressoras braille*

Praticamente todas as impressoras braille da atualidade processam os pontos braille de duas maneiras: braille padrão e braille gráfico.

No modo braille padrão, os pontos braille utilizam uma disposição dos pontos similar ao esquema mostrado na próxima figura. Repare que as distâncias entre pontos variam horizontal e verticalmente.

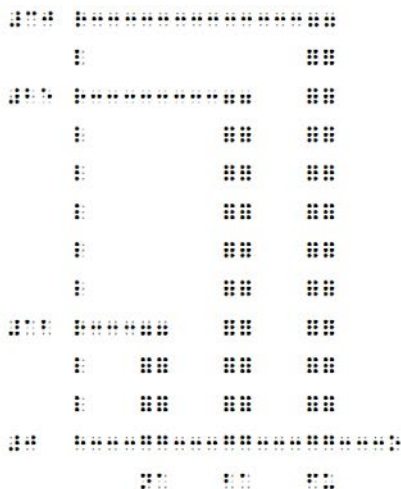
Figura 6.12 – Quatro pontos braille e seus tamanhos e distâncias usuais



Fonte: Gerado por chatGPT.

Descrição da figura 6.12: Quatro pontos braille e seus tamanhos e distâncias usuais. Diagrama técnico com duas linhas de conjuntos de pequenos círculos, parecidos com furos em uma matriz. À esquerda está escrito “1ª linha”, alinhado aproximadamente ao centro vertical do primeiro conjunto de círculos. A 1ª linha mostra quatro círculos alinhados na horizontal. Abaixo deles há outra fileira de quatro círculos, formando um retângulo de 4 colunas por 2 linhas. Acima da fileira superior há uma seta horizontal indo do círculo da esquerda para o da direita com a indicação “6,6 mm”, mostrando o espaçamento horizontal entre esses furos. À esquerda da fileira superior há outra seta horizontal, do centro do círculo mais à esquerda para a esquerda da imagem, com o texto “2 mm”. À direita da fileira superior há uma seta vertical descendo do centro do círculo superior direito até o centro do círculo inferior direito, com a medida “10,8 mm”. Mais abaixo está escrito “2ª linha”, alinhado ao conjunto inferior. Na 2ª linha há novamente oito círculos dispostos em 4 colunas por 2 linhas, mas com medidas diferentes indicadas com setas. Na parte inferior esquerda desses círculos, uma seta horizontal mede a distância entre o primeiro e o terceiro círculo (pulando um círculo entre eles), com o valor “4,7 mm”. Na parte inferior direita, outra seta horizontal mede a distância entre dois círculos adjacentes, com o texto “2,7 mm”. À direita do conjunto inferior há uma seta vertical medindo a distância entre o círculo superior direito e o inferior direito, com a legenda “7,4 mm”. Entre as duas setas horizontais da direita há uma seta vertical interna, ligando os centros de dois círculos sobrepostos na vertical, com o valor “2,7 mm”. Fim da descrição.

Figura 6.13 – Gráfico textual produzido na impressora em modo braille



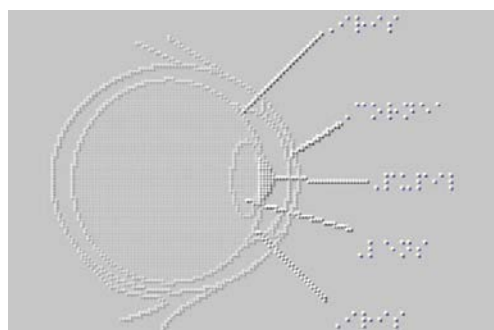
Fonte: Acervo de fotos do autor.

Descrição da figura 6.13: Gráfico de barras produzido na impressora em modo braille. Sequência de células em Braille ocupando quase toda a página, organizadas em linhas e colunas com bastante espaço em branco entre os blocos. O fundo é totalmente branco. As células são formadas por seis pontos, com combinações variadas de pontos em relevo (pretos) e pontos ausentes (brancos), sugerindo que representam texto em Braille. Há um grande bloco de linhas contínuas na parte superior, outro conjunto

de colunas de Braille mais concentrado no lado direito do centro, e uma linha longa de células quase no rodapé. Fim da descrição.

Os gráficos que se pode produzir no modo braille são bem restritos: usualmente apenas gráficos com linhas verticais e horizontais são usados. A figura anterior mostra um gráfico produzido neste modo. Sua produção pode ser feita digitando letras braille normalmente ou usando um *software* especial (TBWIN), que é parte do sistema Braille Fácil.

Figura 6.14 – Impressão obtida no modo gráfico da impressora de alta resolução gráfica



Fonte: foto da listagem do demonstrativo da impressora Tiger.

Descrição da figura 6.14: Impressão obtida no modo gráfico da impressora de alta resolução gráfica (Tiger). Um diagrama simples em preto e branco de um olho humano em corte lateral. A imagem mostra um círculo grande representando o globo ocular, com várias setas finas apontando para partes desse olho. Próximo à frente do olho há uma área arredondada menor, indicando a córnea. Atrás dela aparece uma abertura que representa a pupila, cercada por uma região que indica a íris. Mais ao fundo, na região posterior interna do olho, há outra seta apontando para a retina. Na parte mais de trás do globo há indicação do nervo óptico saindo do olho. O texto que deveria identificar as estruturas está muito pequeno e pouco nítido, não sendo possível ler nem transcrever as palavras de forma confiável. Fim da descrição.

No modo gráfico os pontos são colocados de forma equidistante. Algumas impressoras podem gerar pontos com dimensões menores neste modo, produzindo uma impressão gráfica de melhor qualidade (Tiger), Figura 175. Algumas impressoras braille podem ser acopladas a um dispositivo especial baseado na tecnologia de jato de tinta, que permite pintar os pontos ou adicionar legendas a tinta, utilizando um *software* especial (*Tactile View*).

Independentemente da qualidade da impressão, provocada pela distância maior ou menor dos pontos, é ainda sensível o serrilhado provocado no desenho em que os pontos têm coordenadas fixas. Portanto, ao desenhar uma reta, será possível detectar pontinhos formando algo que se parece com uma escadinha. A pessoa cega deverá desenvolver a habilidade de abstrair estas “falhas de impressão”, interpretando “cerebralmente” as retas inclinadas com pontos deslocados, como uma reta ideal sem estes artefatos.

Nota: Infelizmente, observamos que as impressoras com melhor comportamento em modo gráfico, tendem a produzir um braille textual de qualidade inferior e de certa forma, fugindo um pouco ao padrão de distâncias entre os pontos braille mostrados anteriormente.

Finalmente, devemos destacar que, apesar da qualidade não ser perfeita, as impressões gráficas produzidas numa impressora Braille são bastante disponíveis, e devem ser consideradas como uma das formas mais acessíveis de obter gráficos razoáveis. Falaremos mais sobre estes dispositivos e seus potenciais mais adiante.

Objetos tridimensionais

Para muitas pessoas cegas, tatear um objeto em três dimensões pode ser mais acessível e compreensível do que acessar a projeção desse objeto em duas dimensões no papel. Isso se deve principalmente à natureza tangível e física do objeto tridimensional em comparação com sua representação em duas dimensões.

Tatear um objeto tridimensional permite que uma pessoa cega explore suas características físicas, texturas, dimensões e formas reais. O tato proporciona uma compreensão mais direta e detalhada do objeto, já que a pessoa pode sentir sua forma completa, suas bordas, superfícies e outros detalhes físicos.

Acessar a projeção bidimensional de um objeto no papel pode ser mais desafiador para uma pessoa cega, pois essa representação plana pode perder informações cruciais presentes na versão tridimensional do objeto.

As projeções em 2D muitas vezes carecem de informações de profundidade, textura e volume presentes no objeto real.

Embora a representação em papel possa ser útil como uma forma de comunicação visual para pessoas que enxergam, para indivíduos cegos, a interpretação de informações a partir de projeções em duas dimensões pode requerer uma habilidade adicional para compreender e relacionar as informações do desenho com a realidade tridimensional.

Existem limites para um cego ter acesso a informações gráficas unicamente pelo tato e audição?

Quando falamos ou estudamos informações gráficas acessíveis não estamos apenas buscando definir a mídia ou as regras para sua aparência, mas sim buscamos compreender com que facilidade as pessoas cegas se relacionarão com elas, como construirão sua compreensão. Esta facilidade está diretamente relacionada à vivência e treinamento. Quanto maior for o contato da pessoa cega com informações gráficas, mais confortável ela se sentirá neste terreno.

Mas não vamos nos enganar: ler um gráfico em papel pode ser desafiador para uma pessoa cega, pois isso exige que ela interprete informações visuais (como linhas, formas e cores) por meio de adaptações e descrições táteis ou auditivas. Existem hoje muitas tecnologias e métodos que permitem que pessoas cegas tenham mais opções de acessibilidade na leitura de informações gráficas, mas ainda há desafios e limitações, que incluem:

- a) Complexidade das informações: Certas informações gráficas podem ser extremamente complexas e detalhadas, o que pode tornar difícil transmitir todas essas informações apenas por meio do tato e da audição. Gráficos muito detalhados ou altamente abstratos podem ser difíceis de representar de forma tátil ou auditiva.
- b) Limitações da representação tátil: Nem todas as informações visuais podem ser facilmente convertidas em representações táteis. Alguns detalhes sutis, cores ou informações visuais específicas podem ser difíceis ou impossíveis de transmitir através do tato.

- c) Interpretação pessoal: A interpretação tátil ou auditiva de informações gráficas pode variar de pessoa para pessoa. O que pode ser compreensível para uma pessoa pode ser mais desafiador para outra, dependendo das habilidades táteis individuais e da experiência prévia.
- d) Necessidade de descrições adequadas: A falta de descrições detalhadas ou precisas pode limitar a compreensão de informações gráficas para pessoas cegas. Uma descrição inadequada ou imprecisa pode dificultar a interpretação correta do que está sendo representado.
- e) Tecnologias limitadas ou inacessíveis: Embora haja avanços enormes na área de Tecnologia Assistiva, ainda existem grandes limitações nas opções de suporte às informações gráficas. As tecnologias também podem não estar disponíveis para todos (um exemplo simples é a falta de possibilidade de importação ou o custo muito alto provocado pelos impostos sobre produtos estrangeiros).

Concluindo: essas limitações não impedem completamente o acesso de pessoas cegas a informações gráficas, mas podem representar desafios significativos. É importante continuar desenvolvendo e aprimorando tecnologias e métodos para tornar as informações gráficas mais acessíveis por meio do tato, da audição e de outras formas sensoriais para garantir a inclusão e equidade.

Gráficos para STEM – o próximo grande desafio a vencer

Apesar das conquistas mencionadas, que buscam a garantia de acesso abrangente às informações gráficas de caráter geral, permanece um grande desafio: é fundamental garantir que a pessoa com deficiência visual seja capaz de ela própria produzir e ler **gráficos e diagramas técnicos e matemáticos**. Se isso não for tornado uma prioridade, a pessoa com deficiência visual não conseguirá crescer e se desenvolver em nenhuma carreira que tenha conexão com as carreiras STEM (*Science, Technology,*

Engineering and Mathematics), traduzido como Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática).

Neste contexto, a descrição e a solução dos problemas são, com frequência, realizadas por meio de gráficos. Os dados envolvidos são, quase sempre, transformados e/ou organizados na forma gráfica, que é muito mais fácil para a compreensão de diversos assuntos e conteúdos através de sua visualização.

Em outras palavras: a forma é adequada para quem enxerga, mas muito complexa para quem tem cegueira ou baixa visão.

Exercícios

1. Qual é a principal consequência da mudança da preferência do texto para a imagem na comunicação digital para as pessoas cegas?

A) As pessoas cegas passaram a ter mais acesso à informação devido aos leitores de tela avançados.

B) Houve um enorme vazio cultural, pois as informações tornaram-se tão inacessíveis quanto eram antes da invenção da escrita tátil para cegos em 1825.

C) As pessoas cegas foram beneficiadas com a criação de impressoras 3D de baixo custo.

D) A audiodescrição tornou-se obrigatória em todas as plataformas digitais do mundo.

2. O capítulo afirma que o problema central para o acesso de pessoas cegas a informações gráficas não está em como produzir o relevo, mas sim:

A) No alto custo das impressoras braille no mercado nacional.

B) Na falta de legislação que obrigue a acessibilidade em sites governamentais.

C) Em como o relevo será interpretado por quem não enxerga, pois a leitura tátil de desenhos requer treinamento específico e não é trivial.

D) Na impossibilidade técnica de representar curvas e ângulos em papel relevado.

3. O capítulo menciona que, para pessoas cegas, tatear um objeto tridimensional pode ser mais acessível do que acessar sua projeção bidimensional no papel. Qual é a razão apresentada?

A) Objetos tridimensionais são mais baratos de produzir do que gráficos em papel.

B) As projeções em 2D muitas vezes carecem de informações de profundidade, textura e volume presentes no objeto real.

C) Impressoras 3D são mais acessíveis financeiramente do que impressoras braille.

D) O tato não consegue perceber diferenças entre representações bidimensionais e tridimensionais.

4. O capítulo define o termo “STEM” e afirma que um dos grandes desafios a serem vencidos é garantir que pessoas com deficiência visual possam produzir e ler gráficos técnicos e matemáticos. O que significa a sigla STEM?

A) Science, Technology, Engineering and Mathematics (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática)

B) Social, Textual, Educational and Methodological (Social, Textual, Educacional e Metodológico)

C) Sound, Touch, Emotion and Memory (Som, Toque, Emoção e Memória)

D) Systematic Teaching of Exact Mathematics (Ensino Sistemático da Matemática Exata)

Gabarito: 1 – B; 2 – C; 3 – B; 4 – A

Capítulo 7

Técnicas para construções gráficas táteis acessíveis: adaptações utilizando caracteres em braille

Sobre a necessidade frequente de adaptação de materiais didáticos de matemática

Com frequência, ao dar aula para alunos com deficiência visual, nos deparamos com a necessidade de traduzir para braille o material didático padronizado que temos que seguir. Um dos maiores desafios para o professor é a adaptação dos materiais relativos ao ensino da Matemática, especialmente pela natureza específica da linguagem matemática, que faz uso de símbolos, notações e diagramas que diferem da linguagem textual comum.

A adaptação não busca apenas tornar o material acessível, mas também garantir sua compreensão. Isso significa encontrar maneiras eficazes de representar os conceitos matemáticos de forma que os alunos cegos ou com baixa visão possam entender e manipular. A adaptação com qualidade para estudantes com deficiência visual pressupõe um cuidadoso processo de tradução, tanto dos conceitos quanto da forma de apresentá-los, considerando a natureza específica dos conceitos matemáticos e as melhores práticas para torná-los acessíveis e compreensíveis.

Ao longo deste curso estudamos algumas formas de trabalhar com os operadores matemáticos, letras gregas, equações, símbolos de conjunto, entre outros. Temos que chamar a atenção para o fato de que esses símbolos têm representações diretas no sistema Braille padrão. Assim, é ne-

cessário criar convenções e símbolos especiais no Braille para representar equações, fórmulas e expressões matemáticas.

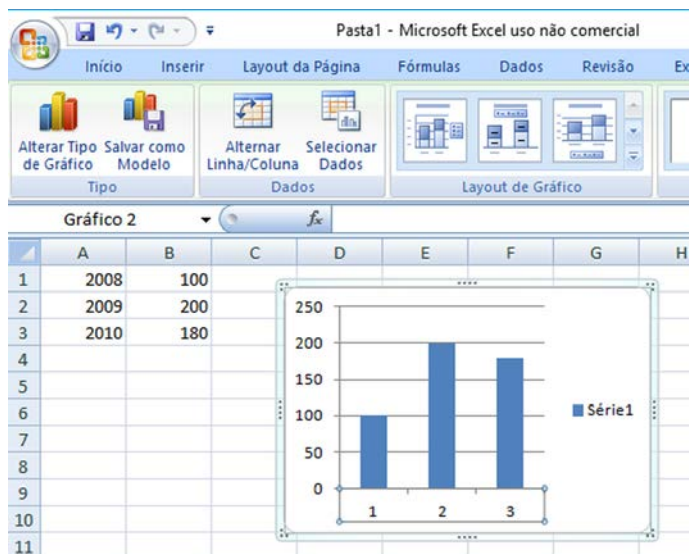
O maior desafio, entretanto, está nas adaptações gráficas. Muitos conceitos matemáticos são transmitidos por meio de gráficos, tabelas, diagramas, figuras e formas espaciais. Transpor essas informações visuais para uma forma tátil requer estratégias diferenciadas, como descrições verbais detalhadas, uso de símbolos táteis especiais ou gráficos táteis.

Há situações ainda mais complexas, como a transcrição de formas geométricas, figuras tridimensionais e operações espaciais que são muito difíceis de representar apenas com texto ou símbolos braille. É necessário criar modelos táteis ou representações específicas para ajudar na compreensão desses conceitos.

Casos muito comuns de adaptações: gráficos de barras

Na matemática básica, há um tipo de gráfico muito utilizado: os gráficos de barra, ou histogramas. Vários programas existem que transformam automaticamente listas de dados para gráficos deste tipo. Um exemplo é o Excel, com o qual criamos um pequeno gráfico a partir de dados que representam a produção de um determinado item ao longo de três anos.

Figura 7.1 – Gráfico de barras gerado no Excel, a ser adaptado



Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 7.1: Gráfico de barras gerado no Excel, a ser adaptado. Planilha do Excel 2007 com um gráfico de colunas. Na área da planilha, coluna A contém anos e coluna B contém valores. Célula A2: 2008. Célula B2: 100. Célula A3: 2009. Célula B3: 200. Célula A4: 2010. Célula B4: 180. Logo abaixo dessa tabela aparece um gráfico de colunas 2D selecionado. O gráfico tem três colunas azuis verticais. No eixo horizontal do gráfico aparecem os rótulos 1, 2 e 3. No eixo vertical há uma escala de 0 até 250, em passos de 50. A primeira coluna tem altura em torno de 100. A segunda coluna tem altura em torno de 200. A terceira coluna tem altura em torno de 180. À direita do gráfico há uma legenda com um quadrado azul e o texto “Série1”. Fim da descrição.

Veremos agora que é bem simples fazer este tipo de adaptação. A primeira forma é usar letras Braille, geralmente um **“é” agudo** (composto pelos pontos 1 2 3 4 5 6), onde cada letra representa um valor (por exemplo, 10). Para representar, então, o número 100, serão escritas 10 letras “é”, o número 200, 20 letras e o número 150, 15 letras “é”, uma ao lado da outra, mais ou menos assim:

O aluno percebe claramente que uma sequência de “letras “é” agudo” não é algo usual, portanto, intui que deve ser uma linha preenchida ou algo similar.

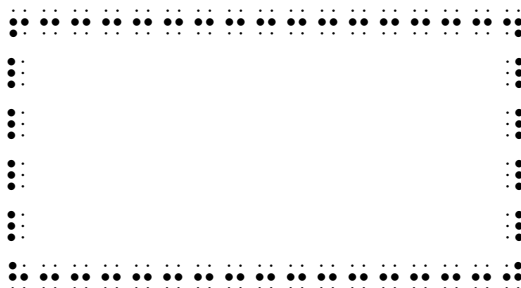
Ilustramos esta forma de transcrição num pequeno filme em que se demonstra o uso de histogramas criados com letras Braille na horizontal, disponível em <https://youtu.be/a76wUwnBtT8>.

Uma outra opção é fazer os desenhos de forma similar àquela que foi produzida no Excel, com as barras na vertical. Para isso há ferramentas extras e bastante poderosas que tornam não apenas simples este processo, mas abrem espaço para diversas formas criativas.

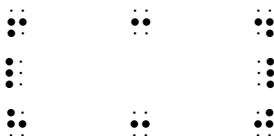
Ilustramos outra forma de transcrição de histogramas onde outros detalhes e possibilidade para gerar histogramas na vertical são mostrados neste vídeo: <https://youtu.be/pcSJ5yVHeGA>.

Adaptações de gráficos usando caracteres braille

Começamos mostrando que é possível (e relativamente fácil) usar caracteres braille para formar pequenos gráficos com característica ortogonal, ou seja, desenhamos linhas verticais e horizontais usando unicamente caracteres comuns em braille. Por exemplo, imaginemos desenhar um retângulo na posição horizontal.



Repare que usamos apenas as seguintes letras em braille no desenho acima:



No programa Braille Fácil, por exemplo, estaríamos digitando as letras a seguir

! : ÿ
l _
h : j

NOTA: No programa Braille Fácil é usual a necessidade de se optar pela inibição da autoformatação nos gráficos, quando o gráfico não está na coluna 1. Devemos, portanto, preceder o trecho pela opção <F-> e sucedê-lo por <F+>, assim:

<F->
! : ÿ
l _
h : j
<F+>

Mostraremos em seguida algumas adaptações produzidas por professores muito experientes e criativos. Para melhorar a compreensão, alguns textos da produção foram aqui apresentados em letras convencionais.

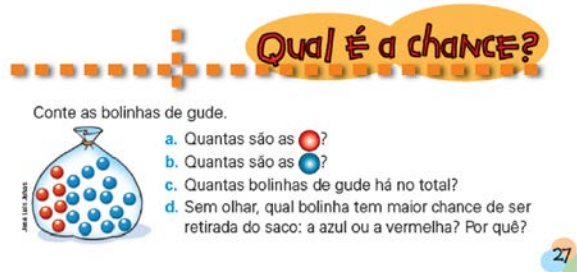
Importante: Repare que, como o gráfico está misturado com o texto, é importante assinalar o trecho que tem que ser lido como um gráfico, diagrama ou mapa, e não como um texto em braille.

Notas: Por simplificação didática, foram descritas apenas as soluções gráficas, omitindo as legendas completas, enunciados e informações autorais.

O material de diversos itens das próximas seções foi gentilmente cedido pelo prof. Thiago Duarte, do Instituto Benjamin Constant.

1 - Adaptação da Coleção Porta Aberta Matemática 3º ano pág. 27

Figura 7.2 – Texto a adaptar – quadro de bolinhas



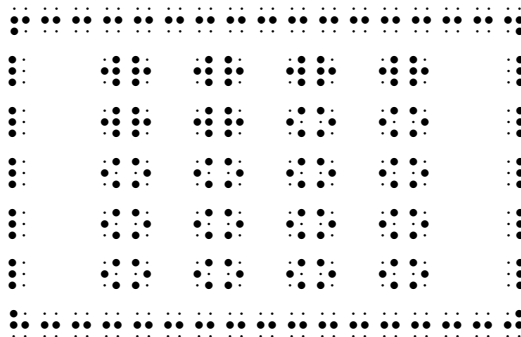
Fonte: Coleção Porta Aberta – acervo de livros didáticos do MEC.

Descrição da figura 7.2: Texto a adaptar – quadro de bolinhas. Um saco transparente com bolinhas de gude coloridas. Dentro do saco, há 8 bolinhas vermelhas e 16 bolinhas azuis. Texto: Conte as bolinhas de gude: a) Quantas são as vermelhas? b) Quantas são as azuis? c) Quantas bolinhas de gude há no total? d) Sem olhar, qual bolinha tem maior chance de ser retirada do saco: a azul ou a vermelha? Por quê? Resposta das questões: a. 8 bolinhas vermelhas. b. 16 bolinhas azuis. c. 24 bolinhas de gude ao todo. d. A bolinha azul tem maior chance de ser retirada, porque há mais bolinhas azuis (16) do que vermelhas (8) no saco. Fim da descrição.

Adaptando:

Bolinhas vermelhas (wr) e bolinhas azuis ([o])

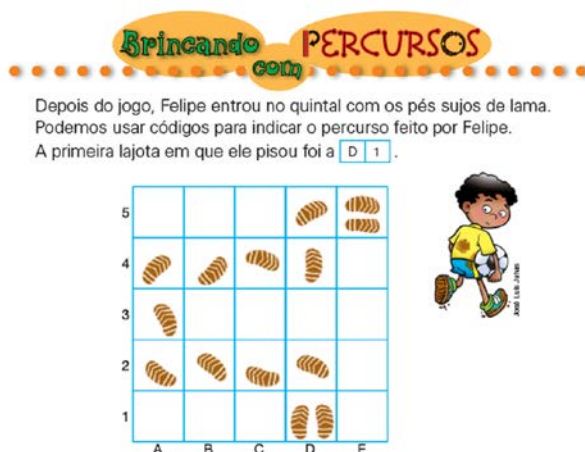
[Gráfico]



[Fim do gráfico]

2 – Adaptação da Coleção Porta Aberta Matemática 3º ano pág. 30

Figura 7.3 – Material a adaptar – pegadas na lama

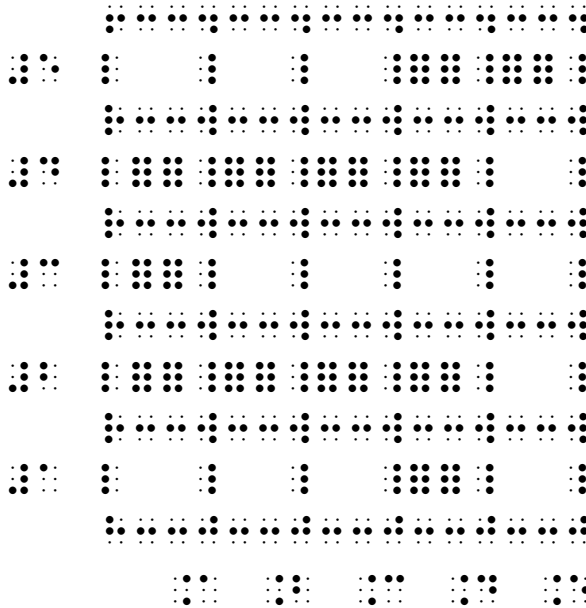


Fonte: Coleção Porta Aberta – acervo de livros didáticos do MEC.

Descrição da figura 7.3: Material a adaptar – pegadas na lama. Um quadro com azulejos formando uma grade 5 por 5, cada casa indicada por letras A, B, C, D, E na horizontal e números de 1 a 5 na vertical. Em algumas casas há pegadas de lama, representando o caminho de Felipe pelo quintal. O título na parte de cima diz: “Brincando com percursos”. O texto abaixo do título diz: “Depois do jogo, Felipe entrou no quintal com os pés sujos de lama. Podemos usar códigos para indicar o percurso feito por Felipe. A primeira lajota em que ele pisou foi a D1”. Abaixo do texto há a grade: Na linha 1: A1 vazia; B1 vazia; C1 vazia; D1 com pegadas; E1 com pegadas. Na linha 2: A2 com pegadas; B2 com pegadas; C2 vazia; D2 vazia; E2 vazia. Na linha 3: A3 com pegadas; B3 vazia; C3 vazia; D3 com pegadas; E3 vazia. Na linha 4: A4 vazia; B4 com pegadas; C4 com pegadas; D4 vazia; E4 vazia. Na linha 5: A5 vazia; B5 vazia; C5 vazia; D5 com pegadas; E5 com pegadas. À direita da grade há um desenho do menino Felipe, de pele morena, usando camiseta amarela, bermuda azul e tênis laranja com sola marrom, com respingos de lama nos pés. Fim da descrição.

Adaptando:

[Gráfico]



[Fim do gráfico]

3 – Adaptação da Coleção Porta Aberta Matemática 3º ano pág. 83

Figura 7.4 – Gráfico Esporte Preferido.



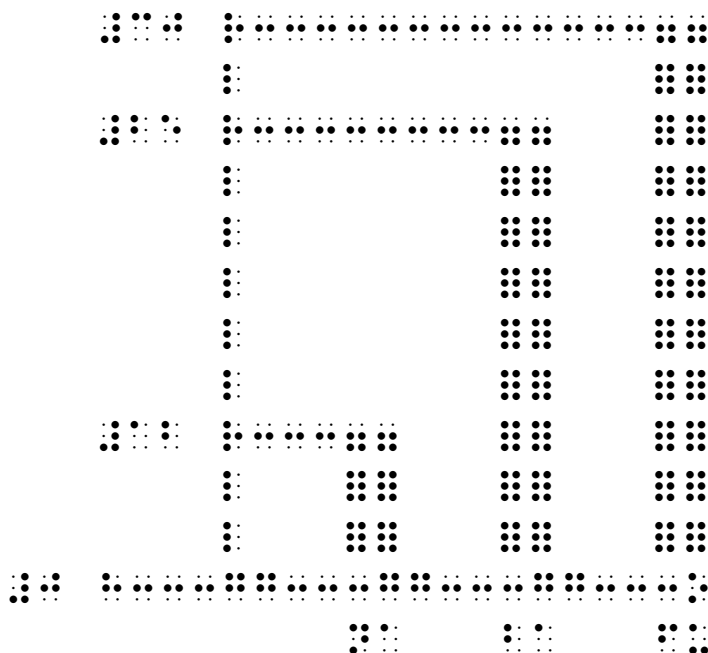
Fonte: Coleção Porta Aberta – acervo de livros didáticos do MEC.

Descrição da figura 7.4: Gráfico Esporte Preferido. Gráfico de barras de esportes preferidos pelos alunos do 3º ano. Há três barras verticais, cada uma representando um esporte, com eixo vertical indicando “Número de alunos” até 30. Primeira barra, à esquerda, corresponde à natação e vai até a marca de 15 alunos. Segunda barra, ao centro, corresponde ao basquete e vai até a marca de 25 alunos. Terceira barra, à direita, corresponde ao futebol e vai até a marca de 30 alunos. Respostas pedidas na letra a: Natação: 15 alunos. Basquete: 25 alunos. Futebol: 30 alunos. Fim da descrição.

Neste exemplo temos, no eixo vertical, o número de alunos e, no eixo horizontal, os esportes praticados (na = natação; ba = basquete; fu = futebol).

Adaptando:

[Gráfico]



[Fim do gráfico]

4 – Adaptação da Coleção Porta Aberta Matemática 3º ano pág. 16

Figura 7.5 – Gráfico Dia de aula preferido

2. A turma de Theo construiu um gráfico de colunas para saber o dia de aula na semana que a classe prefere. Por ordem de chamada, cada aluno da turma disse qual é o seu dia de aula preferido. Para cada resposta, Theo pintou um ☐ na coluna correspondente. Veja como ficou o gráfico.

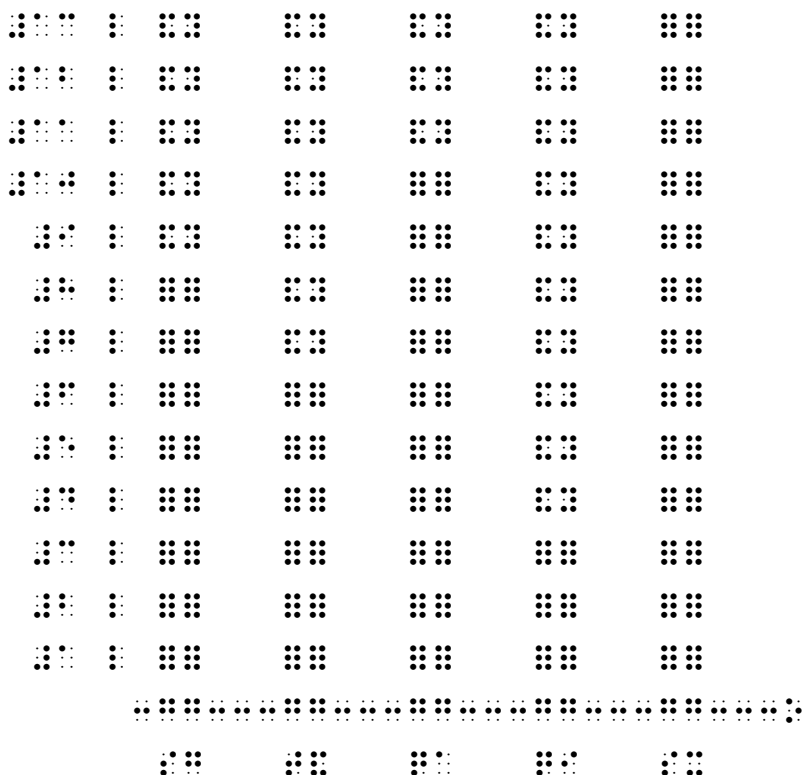


Fonte: Coleção Porta Aberta – acervo de livros didáticos do MEC.

Descrição da figura 7.5: Gráfico Dia de aula preferido. Gráfico de colunas com os dias da semana no eixo horizontal e o número de alunos no eixo vertical. O título do gráfico é: Dia de aula preferido. No eixo vertical, à esquerda, está escrito: Número de alunos, com marcações de 0 até 13. No eixo horizontal, embaixo, está escrito: Dias da semana, com as colunas nomeadas assim, da esquerda para a direita: Segunda-feira; Terça-feira; Quarta-feira; Quinta-feira; Sexta-feira. As colunas estão preenchidas com quadradinhos azuis até certas alturas: Segunda-feira tem 4 alunos. Terça-feira tem 4 alunos. Quarta-feira tem 10 alunos. Quinta-feira tem 0 alunos (nenhum quadradinho azul). Sexta-feira tem 8 alunos. À direita do gráfico há o desenho de um menino de pele clara, cabelo preto curto, camiseta listrada laranja, bermuda azul e tênis. Ele está segurando uma caneta azul apontada para cima. Ao lado da cabeça do menino há um balão de fala com o texto: "PRONTO. A ESCOLHA DE TODA A CLASSE ESTÁ AÍ, E A MINHA TAMBÉM!". Fim da descrição.

Adaptando:

[Gráfico]



[Fim do gráfico]

Neste exemplo, um gráfico de colunas, temos, no eixo vertical, o número de alunos e, no eixo horizontal, o dia de preferência (segunda-feira – sg, terça-feira – tq, quarta-feira – qa, quinta-feira – qi e sexta-feira – sx).

O utilitário TBWIN para ajustes e embelezamentos no Braille Fácil

Uma das ferramentas mais poderosas do Braille Fácil é o TBWIN, utilitário de ajustes em braille. Ele permite que se agreguem à impressão Braille, diversos efeitos gráficos, produzidos unicamente com letras braille comuns. Através dessa ferramenta, é possível também produzir desenhos simples, margeadores, quadrinhos, separadores etc., usando apenas letras

comuns de braille, sem necessidade de utilizar ferramentas convencionais de desenho gráfico.

A ferramenta chama-se TBWIN e é operada da seguinte forma:

Suponha que se tenha um trecho em braille que queremos embelezar, agregando a ele algumas linhas separadoras, pontos de marcação, ou seja, ajustar o texto para que fique muito chamativo.

O texto a ajustar tem o tamanho máximo de uma página impressa em braille.

1 - Funcionamento geral do programa

O trecho a embelezar deve ser primeiro copiado para a área de transferência, e em seguida:

- a) A janela do utilitário de ajustes em braille é ativada, através do menu de Utilitários (ou clicando explicitamente no ícone do utilitário *TBWIN*)
- b) o trecho é colado na tela do utilitário através do botão de Colar (ou usando control-V)
- c) faz-se o ajuste ou o desenho sobre o material usando as funções do utilitário
- d) ajusta, ajusta, ajusta
- e) ao final, copia-se o resultado obtido para a área de transferência através do botão de copiar (ou apertando control-C)
- f) cola-se o material editado no editor principal do Braille Fácil usando "control-V"

Importante: o trecho ajustado deve ser impresso sem autoformatação, ou seja, deve ser precedido por <F-> e seguido por <F+>

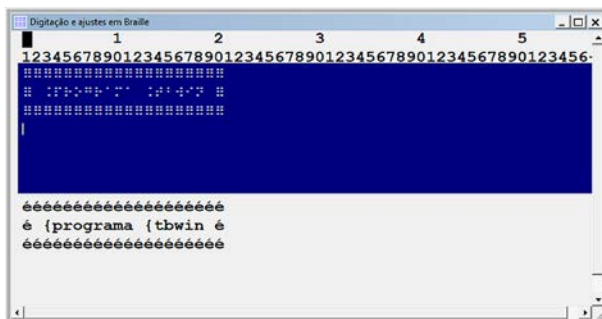
Atenção: se você é um usuário de versões antigas do Braille Fácil, sugerimos fortemente que atualize o programa TBWIN no site de download do Braille Fácil. As versões antigas deste programa embelezavam única-

uma célula braille. À direita desses quadradinhos, há um retângulo com uma seta vermelha apontando para a direita. À direita de “Braille Mouse”, há um quadro com o título “Digitação”. Dentro dele, há duas opções de rádio: SDFJKL (F11); Tinta (F12). A opção “Tinta (F12)” está selecionada. À direita desse quadro há três botões verticais: Inserir linha (F6); Remover linha (F7); Gráfico (F9). Fim da descrição.

1) A tela de edição é dividida em duas partes:

- na parte de cima, é apresentada a saída em braille, como será impressa. Repare o espaço entre uma linha e a outra, o que reserva uma altura aproximadamente de um ponto braille que existe no modo texto da impressora braille.
- na parte de baixo, as letras em metabrilh que estão sendo geradas neste processo de edição.

Figura 7.7 – Detalhe das partes da tela de edição



Fonte: Cópia de tela.

[illegible]

2) A telinha de opções de digitação usa duas formas de entrada de dados:

- simulador de teclado braille (SDFJKL) – aperte **F11** para selecionar. O simulador de teclado Braille permite a digitação usando seis teclas como no Brailendo (digitação simultânea de teclas, como na máquina braille). As letras são FDSJKL representando os pontos de 1 a 6.
- Teclagem normal em tinta – aperte **F12** para selecionar. Digite normalmente. O *mouse* e a tecla *ENTER* não funcionam na telinha de edição. Você terá que usar as setas para se mover sobre o texto.

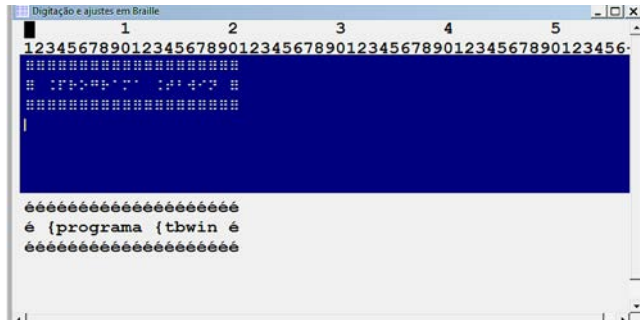
O caractere criado aparece em Braille e em tinta na janela de exibição, normalmente colocada em cima da janela de controle.

Também de forma semelhante ao Brailendo, também é possível criar celas Braille usando o mouse nos 6 quadrinhos mostrados na janela de controle. Neste caso, após selecionar-se os pontos com o mouse, clique-se no botão com a seta vermelha para a direita para avançar para o próximo caractere.

É possível ainda inserir ou remover linhas apertando-se F6 e F7 (ou usando-se os botões equivalentes do painel).

A próxima figura mostra o resultado da edição, introduzindo vários caracteres para emoldurar o texto

Figura 7.8 – Resultado da edição com embelezamentos



Fonte: Cópia de tela.

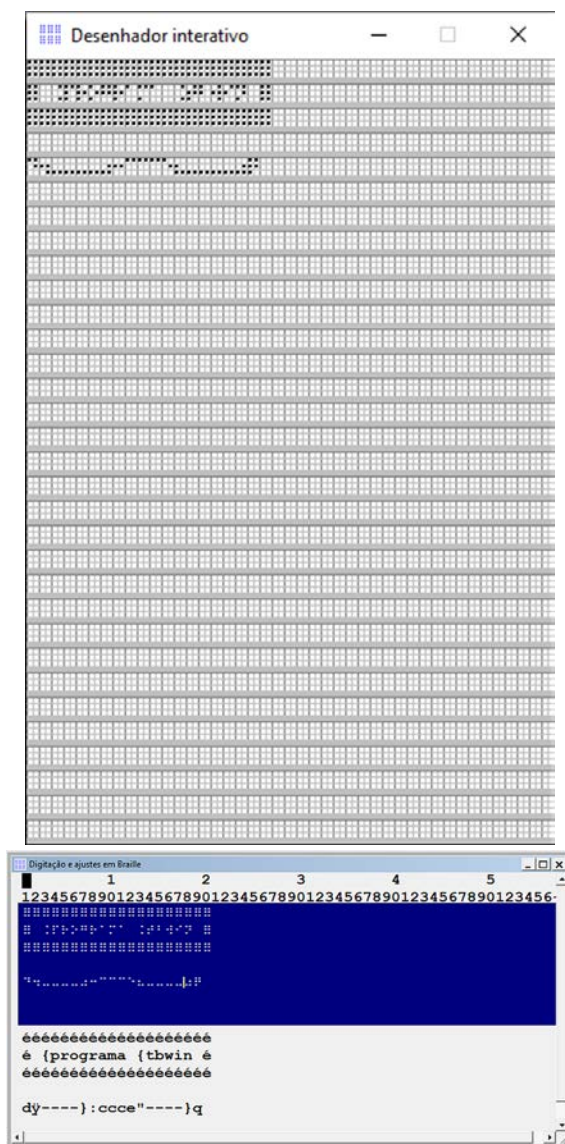
Descrição da figura 7.8: Resultado da edição com embelezamentos. É uma repetição da figura 7.7 Fim da descrição.

2 - Graficando com o mouse

Na janela do TBWIN, tela de retoques em braile, apertando-se **F9** a área equivalente à primeira tela da **Erro! Fonte de referência não encontrada**. é mostrada. Pode-se usar o mouse para:

- com o ponto direito, pintar ponto a ponto (ou arrastar pintando vários pontos).
- Com o botão esquerdo, apagar ponto a ponto (ou arrastar pintando vários pontos).

Figura 7.9 – Desenhador gráfico interativo, facilidade opcional que pode ser ativada ao se apertar F9



Fonte: Cópia de tela.

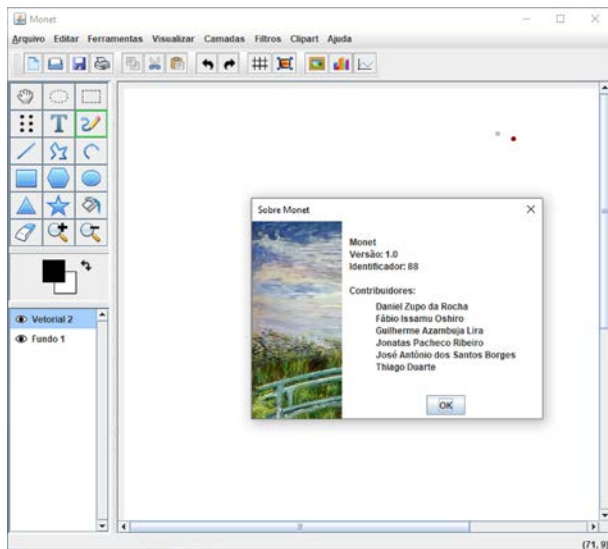
Descrição da figura 7.9: Desenhador interativo, janela que aparece ao se apertar F9. Janela de programa com o título “Desenhador interativo”. A barra de título está na parte superior, com o botão de minimizar, um quadrado para maximizar/desmaximizar

e o botão de fechar à direita. Logo abaixo da barra de título, quase toda a área da janela é ocupada por uma grande grade de pequenos quadrados cinza claros, separados por linhas cinza um pouco mais escuras, parecendo papel quadriculado bem fino. Na região superior esquerda da grade, alguns quadrados estão preenchidos de preto, formando um desenho irregular que se estende horizontalmente nas primeiras linhas da grade. Mais abaixo, ainda na metade superior esquerda, há outro trecho menor de quadrados pretos, também formando um traçado curvo. O restante da grade permanece vazio, apenas com os quadradinhos contornados em cinza claro. Há uma linha sinuosa desenhada com pontos braille abaixo. Fim da descrição.

Experimentando o sistema Monet

1 - O que é o Monet

Figura 7.10 – Aparência geral do Monet



Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 7.10: Aparência geral do Monet. Janela de um programa chamado “Monet” aberta no Windows. Na parte central aparece uma caixa de diálogo com o título: “Sobre Monet”. Texto da caixa: Monet. Versão: 1.0. Identificador: 88. Contribuidores: Daniel Zupo da Rocha, Fábio Issamu Oshiro, Guilherme Azambuja Lira, Jonatas Pacheco Ribeiro, José Antônio dos Santos Borges, Thiago Duarte. Na parte inferior dessa caixa há um botão com o texto “OK”. Do lado esquerdo da caixa de diálogo há uma imagem colorida que parece uma paisagem com céu azul e nuvens e uma área verde na parte de baixo. Ao fundo fica a janela principal do programa de desenho, com barras de ferramentas na parte superior e à esquerda, e uma área de trabalho em branco no centro. Fim da descrição.

O Monet é um *software* desenvolvido para desenhar gráficos em uma impressora Braille, que pode ser utilizado sozinho ou em conjunto com o *software* Braille Fácil, que permite a criação de uma impressão Braille agregada a ilustrações táteis, de uma maneira rápida e fácil.

O programa provê algumas formas para a criação de um gráfico em braille:

- Desenho a mão livre – com o *mouse* ou teclado
- Editoração de elementos gráficos básicos (pontos, segmentos de reta, polígonos e circunferências).
- Brailização – em que uma figura qualquer, criada numa ferramenta de desenhos comum (em tinta), é transcrito automaticamente para pontos.
- Geração automática de gráficos padronizados (barra, função e pizza), que permitem a criação de gráficos táteis envolvendo dados numéricos em poucos minutos.

O programa apresenta também uma grande biblioteca de *cliparts* (desenhos já prontos) o que torna muito simples a geração de gráficos táteis complexos com excelente aparência gráfica.

2 - Obtendo o Monet

O Monet foi produzido pela ONG Acessibilidade Brasil. Infelizmente esta organização não está mais ativa, e o site dela, indisponível. Desta forma, sugerimos que o *software* seja obtido a partir do seguinte endereço:

<http://intervox.nce.ufrj.br/~antonio2/monet-r88.zip>

- Descompacte este arquivo zip no seu *desktop* numa pasta chamada Monet.
- Execute o programa clicando duplo em **GráficosTateis.jar**

Atenção: não tente executar o programa diretamente a partir do zip, mas sim depois de descompactado na pasta Monet.

3 - Navegando nas principais funções do programa

Faremos a seguir um passeio sobre o programa Monet. Siga nosso passeio usando-o também, ao mesmo tempo.

Importante: A operação do Monet é totalmente intuitiva, então, sugerimos que você abra o programa e siga as instruções abaixo. Elas não contemplam todas as funções do programa, mas ajudarão você a entender qual é a premissa de utilização do programa.

a - Primeiros passos

Acione o programa Monet. Quando o programa é iniciado, uma tela em branco aparecerá. É interessante nesta hora, visualizar uma folha quadriculada, que irá ajudar a alinhar os pontos e fazer desenhos mais precisos.

Acesse o menu: **Visualizar > Mostrar Folha Quadriculada.**

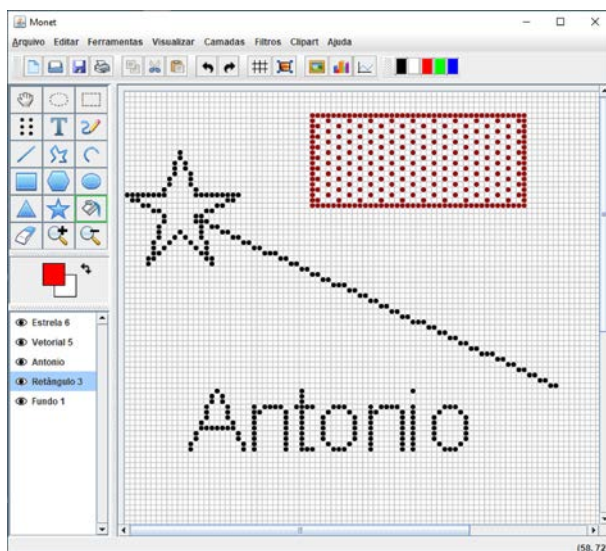
Iremos agora testar as principais funções: use o mouse e escolha a função desejada clicando num dos ícones à esquerda e depois executando a função clicando com o mouse na área de desenho sobre a folha quadriculada.

O Monet segue o modelo de interação familiar à maior parte das pessoas que usam um programa qualquer de edição no Windows (*Paint Brush*, por exemplo), com um detalhe diferente.

Note que cada figura que criar gerará uma “camada”, listada abaixo do menu gráfico, no lado esquerdo. Clicando numa camada você seleciona o objeto associado previamente criado. Na Figura abaixo, por exemplo, o objeto selecionado na lista de camadas é o “Retângulo 3”.

Nota: *se você é uma pessoa com deficiência visual, você pode usar o teclado para acionar e controlar as funções, mas isso é um pouco mais complicado, pois envolve acessar o menu do programa.*

Figura 7.11 – Um desenho no Monet



Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 7.11: Um desenho no Monet. Desenho com pontos representando um retângulo marrom, uma estrela da qual sai uma seta e o nome Antonio. Fim da descrição.

b - Funções gráficas simples

Veja algumas funções dos ícones que estão do lado esquerdo (elas também aparecem no menu Ferramentas):

- Mão Livre (desenho de um lápis riscando uma curva) – Com esta ferramenta é possível desenhar qualquer forma. O botão direito do *mouse* apaga o ponto.
- Linha Reta – Ferramenta para desenhar retas.
- Arco – Ferramenta para desenhar curvas, primeiro desenhe a reta e depois arraste para formar uma curva.
- Retângulo – Ferramenta para desenhar retângulos. Escolha o ponto superior do retângulo, pressione o botão esquerdo do *mouse* e arraste até formar o retângulo desejado. Solte o botão do *mouse* e a figura estará desenhada.

- Oval – Ferramenta para desenhar formas ovais. Escolha o ponto superior do objeto, clique e arraste para fazer a forma, depois solte e a figura será desenhada.
- Triângulo, Hexágono e Estrela – Ferramentas para desenhar formas diversas. Escolha um ponto para ser o centro do objeto, arraste o *mouse* e solte para desenhá-lo.
- Preencher (balde de tinta) – Preenche uma figura previamente desenhada.
- Braille – Ferramenta para escrever um texto em braille.
- Texto – Desenha um texto com caracteres do alfabeto romano preenchidos com pontos braille.

Nota: Os desenhos serão adicionados a camadas diferentes de acordo com a ferramenta de desenho escolhida.

c - Selecionar área retangular ou oval

Os ícones com as ferramentas selecionar elipse ou selecionar retângulo auxiliam em algumas funções com os objetos selecionados por estas ferramentas, tais como:

- Apagar objeto selecionado – O usuário aperta a tecla “delete” e o objeto é apagado.
- Redimensionar objeto selecionado – Apertando o conjunto de teclas “control r” irá aparecer as opções para redimensionar um objeto. É possível acessar esta opção pelo menu Editar > Redimensionar.

d - Mover objeto selecionado

A ferramenta com o ícone de mão serve para mover o objeto que esteja selecionado na lista de camadas. Experimente desenhar um retângulo, selecionando o ícone retângulo e criando a figura com o *mouse*. Depois de criado, o retângulo aparecerá selecionado na lista de camadas. Agora selecione o ícone da mão e mova o retângulo passeando na área de desenho com o botão direito do mouse apertado, ou simplesmente utilizando as setas do teclado.

e - Importar Imagem

Vá em **Arquivo > Importar**. Uma caixa de diálogo irá se abrir, escolha a imagem que pode ser do tipo JPG PNG GIF, BMP ou GRB.

As imagens importadas serão colocadas dentro de uma camada específica, e ela será criada automaticamente. O nome da camada seguirá o seguinte padrão: nome_do_arquivo.extensão .

Ex.: foto_da_casa.jpg, antena.gif.

Nota: Repare que esta imagem não será enviada à impressora braille: seu uso é basicamente para ser transformada em pontos táteis, através do filtro de brailizar.

f - Filtros

- Inverter – O sistema marca um ponto onde estiver desmarcado, apaga o ponto onde estiver marcado.

Vá em **Filtros > Inverter**

- Brailizar – Escolha um tom de cinza para referência do que será ou não pintado na brailização. O usuário informa um valor de 0 a 100. Se a cor da área do ponto estiver mais clara do que o valor de referência o ponto não é marcado, caso contrário o ponto é marcado.

Vá em **Filtros > Brailizar**

4 - *Desenho automático de gráficos matemáticos*

a - Desenhar Gráfico de Barras

É possível desenhar gráficos de barras com o Monet:

- Vá em Ferramentas > Gráficos > Gráficos de Barras;
- Coloque os valores das alturas das barras a “graficar” na tabela
- Digite o nome do campo aperte **tab**
- Digite o valor depois pressione **enter**
- Aperte o botão “desenhar”

O sistema irá desenhar o gráfico e criar algumas camadas para ele.

b - Desenhar Gráfico de Função

Da mesma forma, pode-se desenhar gráficos de função:

- Vá em Ferramentas > Gráficos > Gráficos de Função
- Cadastre os Pontos do Gráfico
- Similar ao de gráfico de barras, informe o nome e valor
- Digite o nome do gráfico
- Aperte o botão “desenhar”

O sistema irá desenhar o gráfico e criar algumas camadas para ele.

c – Clipart

O programa Monet possui algumas já figuras integradas, que podem ser visualizadas e escolhidas no item de menu Clipart.

- Escolha uma imagem no menu de visualização dos cliparts.
- Uma camada contendo o clipart é inserida no topo das camadas.

5 - Para quem quer saber mais sobre o Monet

O professor Thiago Duarte, do Instituto Benjamin Constant gerou há alguns anos um conjunto de vídeos, bastante didáticos, sobre o programa Monet. São eles:

- TecnoAssist - Módulo Braille - Monet (Introdução)

<https://www.youtube.com/watch?v=UAr7X17b2PI>

- TecnoAssist - Módulo Braille - Monet (Figuras Geométricas)

<https://www.youtube.com/watch?v=up5lOR5Z7M8>

- TecnoAssist - Módulo Braille - Monet - Braillizar e Importar figuras

https://www.youtube.com/watch?v=y9_LIZwUbPU&t=66s

- Módulo Braille - Monet - Gráficos

<https://www.youtube.com/watch?v=YIVzkAyscJ8>

Técnicas para (re)produção de gráficos táteis

Existem diversas maneiras de se produzir/reproduzir imagens em relevo. As formas mais usadas empregam:

- colagem (montagem artesanal)
- impressão braille
- cópia em máquina fusora
- reprodução em máquina de *thermoform*
- geração em impressora 3D

Esses métodos distinguem-se bastante pela forma como produzem os relevos, os tipos de relevos e pelos equipamentos e materiais utilizados. Por exemplo, um modelo quando impresso em papel Braille é muito diferente de quando for produzido em papel microcapsulado ou criado por meio de colagem. A quantidade de detalhes, possibilidade de representações de símbolos e o uso de texturas variam muito de método para método.

Os custos econômicos associados também são bem diferentes, e assim, alguns deles, por usarem equipamentos e insumos caros, são mais adotados nos países mais desenvolvidos, onde a aquisição dos equipamentos e, principalmente, dos insumos são suportados com projetos sociais/educacionais públicos.

Entre os principais pontos a analisar para a escolha do equipamento (e por consequência, dos métodos de produção que são compatíveis com ele), podemos citar:

- a) a simplicidade de produção/reprodução
- b) tempo e custo gastos na produção/reprodução
- c) experiência necessária por quem irá gerar o material tátil

- d) qualidade do material tátil gerado
- e) suporte a maior ou menor número de detalhes
- f) disponibilidade de opções
- g) o costume do usuário de ler material gerado por essa ou aquela técnica ou equipamento
- h) adequação ao ambiente disponível para instalação
- i) facilidade/disponibilidade de manutenção.

Não podemos também esquecer que nem todos os produtos podem ser obtidos facilmente no Brasil, e que alguns produtos dependem de insumos que podem ser caríssimos e indisponíveis no país. Diversos produtos são controlados por software, que também pode ser muito caro e difícil de obter.

Mostraremos em seguida algumas formas muito comuns para se produzir materiais táteis.

1 - Colagem (*montagem artesanal*)

A colagem de materiais, como o próprio nome sugere, é um processo que utiliza a cola ou a costura para unir diferentes materiais que irão proporcionar diferentes texturas e alturas no relevo. Essa técnica tem sido tradicionalmente empregada em muitas instituições educacionais por ser o método mais econômico de produção de materiais adaptados. Na verdade, quase sempre essa é a única opção em muitas escolas brasileiras, infelizmente.

Os materiais utilizados geralmente são cola, tecidos (veludo, lã, feltro etc.), plásticos, papéis (camurça, micro ondulado etc.), EVA (espuma vinílica acetinada), cortiça, isopor, palito de fósforo, fios e linhas (lã, cordões etc.), botões e muitos outros materiais e/ou objetos fáceis de serem encontrados no comércio, em casa ou na própria escola.

A colagem de materiais com texturas diferentes para serem sentidas diretamente, foi a primeira forma utilizada no nosso país para geração de

materiais táteis, pela pouca exigência de insumos tecnológicos. Devemos enfatizar que, nesse método, as habilidades manuais são bastante exigidas, e é valorizado o talento artesanal, que é capaz de unir materiais variados, geralmente com custo baixo, para confecção de produtos que podem ser muito apreciados pelos usuários, que ao lerem com os dedos aprovam ou desaprovam os materiais produzidos.

Figura 7.12 – Mapa com texturas



Fonte: Acervo de fotos do autor.

Descrição da figura 7.12: Mapa com texturas. Uma mão sobre um desenho em papel, fazendo um trabalho artesanal com pedrinhas ou miçangas. O desenho é um mapa do Brasil e seus estados, e está contornado com linhas pretas formando vários espaços, como áreas separadas. Dentro de alguns desses espaços há miçangas pequenas coladas, formando áreas preenchidas em cores diferentes, lembrando um mosaico ou arte em relevo. A mão posicionada no centro está espalhando ou pressionando mais miçangas brancas em uma das áreas do desenho. No dedo da mão há um anel de metal decorativo, grande, no formato de laço ou borboleta. Fim da descrição.

No processo de geração de materiais com esta técnica é relativamente comum criar-se uma textura, que é gerada cobrindo os contornos e os interiores dos desenhos com inúmeros materiais, tais como diferentes tipos de linhas, com largura e espessura diversas, botões, areia, lixa de parede, papel de docinho de festa, grãos de arroz e feijão, enfim, tudo o que a imaginação possibilitar, visando à textura saliente e estimulante para o reconhecimento e a percepção tátil do deficiente visual.

No caso de produtos táteis contendo muitos detalhes, a colagem traz como desvantagens um maior tempo para ser executada. O método tem pouca precisão para representar alguns fenômenos, pois existem materiais de difícil manuseio quando se faz um corte, confecciona uma curva ou detalhes pequenos.

Os usos de material colado são muitos, mas de certa maneira, limitados quando o objetivo é o uso em matemática. Algumas áreas, como a geografia, com destaque à geração de mapas construídos utilizando a técnica da colagem, acabam se servindo de matrizes com grande diversidade tátil, devido às opções variadas para representação de símbolos.

Os materiais produzidos desta forma costumam ter ótima qualidade quando se obtém cópias numa máquina termoformadora (ver adiante). Deve-se tomar, entretanto, alguns cuidados, porque essa máquina opera com calor intenso e, por isso, materiais sensíveis ao calor tais como plásticos, EVA e isopor não podem ser utilizados. Quando a necessidade de cópias for grande, a reprodução do material produzido artesanalmente por colagem/costura pode ser problemática.

Nota: Foi esta necessidade de reproduzir em série que forçou o aparecimento de novas maneiras de elaborar os materiais educacionais táteis, incluindo o aparecimento de novas tecnologias, principalmente vinculadas ao uso do computador.

A falsa impressão que muitos têm é que esta técnica tem limites muito estritos quando o objetivo é atender às necessidades do ensino de matemática avançada, sendo apenas útil nas tarefas relacionadas ao ensino básico. Nos últimos anos, entretanto, nós aprendemos que existem muitas situações em que é conveniente produzir, com criatividade, protótipos ou alternativas para artefatos destinados ao uso em ensino avançado, quando o custo ou indisponibilidade inviabiliza a aquisição de recursos mais poderosos. Naturalmente, aqui entram em jogo a criatividade e a habilidade de trabalhar com materiais heterogêneos.

2 - Máquina termoformadora (Thermoform)

Figura 7.13 – Máquina termoformadora



Fonte: Foto tomada na imprensa braille do Instituto Benjamin Constant.

Descrição da figura 7.13: Máquina termoformadora. Máquina de laminação térmica industrial compacta, em formato de caixa retangular clara com tampa superior. Na parte de cima há uma tampa articulada, com uma alça cilíndrica marrom no centro. Abaixo da tampa, no meio do equipamento, há uma área retangular rebaixada, tipo bandeja, onde o material é colocado; essa área tem laterais metálicas e uma superfície de fundo plana. Na frente dessa área existe uma pequena peça central com um botão ou trava preta. Na parte frontal está o painel de controle. À esquerda há um botão de liga/desliga vertical com posição OFF embaixo e ON em cima. Ao lado, três luzes redondas: uma verde identificada como POWER, uma laranja próxima da palavra TIMER, e uma vermelha perto da palavra PUMP; há também um pequeno botão preto escrito RESET. No centro, um logotipo com um desenho de uma coluna ou símbolo similar. À direita ficam dois seletores giratórios grandes: o da esquerda é o controle de TEMPO (TIME) e o da direita é o controle de AQUECIMENTO (HEAT), ambos com marcações em volta para ajustar os valores. Todo o equipamento tem aparência robusta, de uso profissional ou de laboratório. Fim da descrição.

Uma Máquina Termoformadora é a maneira muito precisa para reproduzir texto em Braille e gráficos táteis. Ela é composta por uma caixa inferior na qual existe uma bomba de sucção de ar, cuja superfície superior é pontilhada com centenas de furinhos por onde o ar é sugado. Cobrindo esta caixa existe outra caixa, montada sobre um trilho, com um sistema de

aquecimento (geralmente uma lâmpada ou resistência fortíssima). Este trilho permite que a caixa superior seja colocada exatamente sobre a caixa inferior, para que a sucção seja forte.

Para utilizar o equipamento:

- a) Coloca-se um “molde mestre”, criado com um relevo a ser duplicado na máquina sobre os furinhos.
- b) Sobre o molde, em seguida, é pousada uma folha de material plástico especializado, conhecido como *Brailon*, segura por uma moldura que a força para baixo.
- c) A parte superior (a caixa que aquece) é deslizada sobre o trilho para encaixar-se sobre a de baixo e também sobre a moldura.
- d) Assim que as duas peças estiverem engatadas, a resistência aquece, derretendo o *Brailon*, e o vácuo formado embaixo o puxa para cobrir o molde mestre.
- e) Em poucos segundos, haverá um gráfico tátil copiado do modelo mestre realizado sobre o *Brailon*, que é retirado e depois de resfriado ganha uma boa resistência mecânica.

Através da utilização de uma termoformadora podemos reproduzir rapidamente materiais táteis a partir de matrizes previamente confeccionadas usando materiais variados: folhas impressas em braille, materiais produzidos por colagem, objetos de 3 dimensões, e assim por diante.

Note que a espessura da placa não pode ser muito fina visto que tornaria o material muito frágil para manuseio; também não pode ser demasiadamente grossa, pois no processo de derretimento das lâminas plásticas na termoformadora, o calor e a sucção criados pela bomba de vácuo devem ser suficientes para que o plástico ao derreter-se consiga se modelar conforme a matriz.

3 - Impressoras braille

A impressão em braille, como o próprio nome sugere, é um processo que usa uma impressora de impacto mecânico para produzir a elevação

em relevo no papel Braille, a qual pode ser tanto na forma de pontos que seguem o modelo dos caracteres braille, quanto pontos representados sobre uma matriz de dimensões e resolução que são dependentes do modelo do equipamento.

Nota: *Estes equipamentos já foram vistos anteriormente. Vamos agregar apenas alguns comentários em adição ao que já foi falado.*

Estes equipamentos são, quase sempre, extremamente barulhentos, e exigem instalação num lugar especial onde o ruído tenha menor impacto. Algumas impressoras podem ser agregadas a capas antirruído, que diminuem significativamente este problema.

Nesse tipo de impressão, o papel usado é o papel Braille ou papel (contínuo ou de folhas soltas) com gramatura de 120g/m² ou superior, bem mais grosso que um papel normal e, por conseguinte, mais caro. Em algumas impressoras, a impressão pode ser feita em um ou em ambos os lados, com os pontos de trás sendo posicionados entre os pontos da frente, alinhados cuidadosamente para não se sobreponem.

Figura 7.14 – Impressora braille com papel contínuo



Fonte: Foto tomada na imprensa braille do Instituto Benjamin Constant.

Descrição da figura 7.14: Impressora braille com papel contínuo. Impressora de formulário contínuo sobre uma superfície lisa em tom bege. O equipamento é retangular, com corpo preto e uma tampa superior em tom de marrom ou vinho, levemente

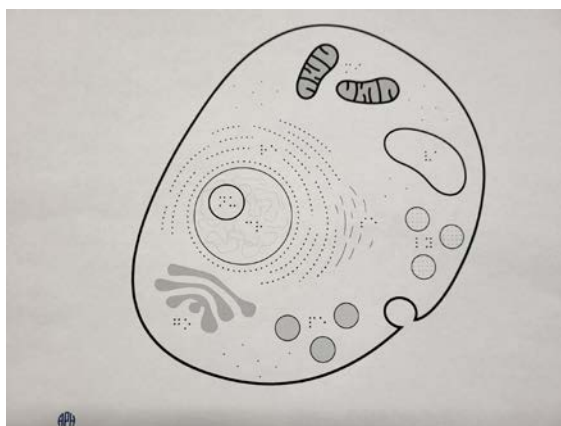
inclinada. Um formulário contínuo branco está passando pela impressora, com furos redondos alinhados nas laterais da folha, indicando alimentação por tracionador. A folha sai pela parte frontal da impressora e se estende em direção ao canto inferior da imagem. As bordas da imagem são discretamente arredondadas. Fim da descrição.

As linhas contínuas existentes no desenho são impressas como uma sequência alinhada de pontos. As linhas inclinadas ou curvas, por serem representadas por pontos discretos, acabam formando uma “escadinha”, cujo tamanho dos degraus depende da resolução (número de pontos por cm) que o equipamento trabalha. Estas escadinhas impedem, por exemplo, que uma pessoa cega identifique se uma linha é reta ou curva apenas pelo toque, nem fazer julgamentos acerca de formas exatas, posições de linhas ou medidas.

Algumas máquinas são capazes de produzir pontos de altura variável, o que aumenta, por exemplo, a qualidade das áreas que representam texturas. O uso de texturas, entretanto, deve ser bem planejado, pois é difícil escrever qualquer tipo de legenda tátil sobre uma textura.

Certas impressoras são capazes de produzir uma listagem híbrida, com impressões superpostas em tinta e em braille, o que permite tanto a leitura via toque (para os cegos) e pela visão (pelos não cegos). Isso é especialmente útil quando os professores e colegas não dominam o braille e podem explorar os desenhos com legendas em braille juntamente com os seus alunos que leem com ajuda das mãos.

Figura 7.15 – Estrutura de célula desenhada em braille gráfico com tinta



Fonte: Cópia de tela.

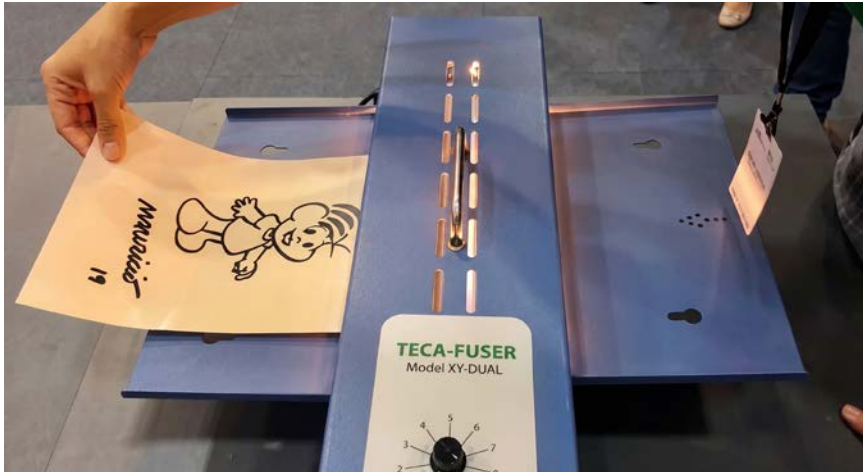
Descrição da figura 7.15: Estrutura de uma célula desenhada em braille gráfico com tinta. Diagrama de uma célula animal estilizada desenhada em preto e cinza sobre fundo branco. O contorno da célula é uma forma oval irregular, traçada com linha preta grossa. No centro, há um grande círculo representando o núcleo. Dentro dele existe um círculo menor que parece o nucléolo, e o interior do núcleo tem um padrão irregular ondulado, sugerindo a cromatina. Ao redor do núcleo há vários anéis concêntricos de pequenos pontos, formando uma área circular grande em volta dele, como se mostrasse o citoplasma ou organelas distribuídas. Na parte superior da célula, um pouco à direita do centro, aparecem dois formatos parecidos com feijões, com duas camadas de contorno e linhas internas irregulares, representando mitocôndrias. Mais à direita ainda há outra forma alongada, de contorno simples, sem as linhas internas típicas. Na parte direita média, há dois conjuntos verticais de pequenos círculos: três círculos claros em coluna à direita e três à esquerda, cada conjunto acompanhado por um pequeno grupo de pontos, sugerindo vesículas ou lisossomos. Perto da borda direita inferior, o contorno da célula faz uma curva em “U” para dentro, como uma pequena reentrância. Na região inferior esquerda, há três faixas curvas e espessas em cinza, uma acima da outra, lembrando o aparelho de Golgi. Espalhados pelo interior da célula há vários pontos pequenos isolados, distribuídos de forma relativamente uniforme, sugerindo ribossomos ou partículas no citoplasma. No canto inferior esquerdo da folha, fora da célula, há um pequeno logotipo com as letras “APH” em azul. Fim da descrição.

É importante frisar que a impressora é um equipamento relativamente simples, e o que a torna adequada no Brasil é a imensa disponibilidade de equipamentos (muitos foram comprados no passado por um plano de informatização para o processo de inclusão do país). Outro ponto importante é que existem *softwares* brasileiros gratuitos (Braille Fácil, Monet, Pintor Braille, entre outros), que permitem que as escolas possam economizar muito na aquisição de *software*. Além disso, o custo do papel será um impeditivo apenas se a quantidade de cópias for muito grande.

Infelizmente no nosso país, a falta de manutenção e a falta de experiência fazem com que haja uma subutilização destes equipamentos, que estão disponíveis em quase todas as salas de recurso multifuncionais.

4 - Fusoras e o papel “inchável” (Swell-Form)

Figura 7.16 – Máquina fusora criando relevo numa folha plástica inchável



Fonte: Foto cedida pela TecAssistiva, revendedora do equipamento.

Descrição da figura 7.16: Máquina fusora criando relevo numa folha plástica inchável. Uma máquina azul de mesa com um papel sendo inserido na parte esquerda. A máquina é retangular, com uma faixa central metálica e duas réguas ou trilhos claros no meio, sugerindo um equipamento de aquecimento ou fusão. Na parte frontal aparece um painel com o texto “TECA-FUSER Modelo XY-DUAL” e abaixo alguns controles, possivelmente botões ou um seletor circular. Do lado esquerdo, uma mão segura uma folha clara que tem o desenho de um personagem infantil de quadrinhos, em preto, com a assinatura “Mauricio” escrita na lateral. À direita da máquina há outra folha clara apoiada, mas o conteúdo não está nítido. O fundo parece ser um ambiente interno, possivelmente uma feira ou sala de demonstração, mas sem muitos detalhes visíveis. Fim da descrição.

O papel especial “inchável” por calor (**Swell-Form**) é um método simples e rápido de criação de mapas e gráficos táteis.

Deve-se imprimir um desenho qualquer, neste papel especial como se faria normalmente em uma impressora de jato de tinta, laser ou copiadora padrão. Em seguida, este papel é introduzido na máquina o que liga um sistema de aquecimento fortíssimo (produzido por uma lâmpada especial). O calor gerado pela lâmpada atinge o papel, e apenas nos lugares onde existe tinta preta, o aquecimento provocado pela lâmpada é concentrado, e o papel incha, criando uma imagem tátil do que está escrito.

O problema desta máquina, que teoricamente seria o equipamento ideal para trabalhos de reprodução de materiais, desenhos, apostilas etc., é o custo do papel. Uma única folha custa cerca de 1 dólar nos Estados Unidos, mas com impostos e frete chega ao Brasil por cerca de 15 reais, o que inviabiliza seu uso amplo.

Para saber mais sobre a máquina fusora assista ao filme:

<https://www.youtube.com/watch?v=nc-kVOuao1E>

Exercícios

1. De acordo com o capítulo, qual é considerado o maior desafio para o professor na adaptação de materiais didáticos de matemática para alunos com deficiência visual?

- A) A tradução de textos literários para o Braille, que consome muito tempo.
- B) A adaptação de gráficos, tabelas, diagramas, figuras e formas espaciais, pois muitos conceitos matemáticos são transmitidos por meio dessas representações visuais.
- C) A falta de impressoras braille nas escolas públicas brasileiras.
- D) A dificuldade dos alunos cegos em aprender os símbolos matemáticos básicos.

2. O capítulo apresenta uma técnica simples para representar gráficos de barras (histogramas) usando caracteres Braille. Qual caractere é utilizado para representar cada unidade de valor (por exemplo, cada 10 unidades) nas barras horizontais?

- A) O ponto final (.)
- B) O sinal de número (#)
- C) A letra “é” agudo (pontos 1 2 3 4 5 6)
- D) O asterisco (*)

3. O capítulo descreve o utilitário TBWIN como uma ferramenta poderosa do Braille Fácil. Qual é a principal função do TBWIN?

- A) Converter automaticamente imagens coloridas em descrições de texto para cegos.
 - B) Permitir ajustes e embelezamentos em Braille, agregando efeitos gráficos como linhas separadoras, margeadores e quadrinhos usando letras Braille comuns.
 - C) Exportar gráficos táteis diretamente para impressoras 3D.
 - D) Ler em voz alta gráficos gerados no Excel.
-

4. O capítulo apresenta diferentes técnicas para produção de gráficos táteis. Qual delas é descrita como a mais econômica e tradicionalmente empregada em muitas instituições educacionais brasileiras, utilizando materiais como cola, tecidos, EVA, cortiça, botões e outros objetos fáceis de encontrar?

- A) Impressão em impressora braille
 - B) Cópia em máquina termoformadora (Thermoform)
 - C) Geração em impressora 3D
 - D) Colagem (montagem artesanal)
-

Gabarito: 1 – B; 2 – C; 3 – B; 4 – D

Capítulo 8

As pessoas cegas podem desenhar? Considerações e metodologia sobre como desenhar sem ver

As pessoas cegas podem desenhar?

Em 1998 o laboratório TecnoAssist, do então Núcleo de Computação Eletrônica, atual Instituto Tércio Pacitti de Pesquisas e Aplicações Computacionais, da Universidade Federal do Rio de Janeiro recebeu a visita de um professor da Universidade Federal Fluminense, Leo Roberto Jensen, na época em doutoramento em Barcelona, que trazia uma instigante pergunta: “Um cego conseguiria desenhar e ler um desenho já criado?”. Aquela época estava sendo marcada, para as pessoas com deficiência visual, pela sucessiva quebra de barreiras de exclusão e segregação, pois já podiam escrever e ler com o ajuda do computador e de *softwares* adaptativos, como o Dosvox e outros.

Soubemos de tentativas que já haviam sido feitas por professores, sem usar computadores, em algumas instituições de ensino, como o Instituto Benjamin Constant. Nesta instituição já se produzia pequenos gráficos sobre papel e outros materiais planos, contendo linhas e curvas criadas com o movimento de carretilhas (como as mostradas na Figura 192), que deixavam um rastro de pontinhos sensíveis ao tato. Diferentes tipos de materiais eram usados, além do papel convencional: papel manteiga, papel vegetal e alguns tipos de folhas plásticas macias eram os mais utilizados.

Figura 8.1 – Carretilhas similares às utilizadas no Instituto Benjamin Constant para produzir gráficos



Fonte: Acervo do autor, melhorada por Gemini.

Descrição da figura 8.1: Carretilhas similares às utilizadas no Instituto Benjamin Constant para produzir gráficos. Ferramentas metálicas alongadas com rodas dentadas na ponta. A imagem em preto e branco mostra quatro instrumentos manuais alinhados verticalmente, lado a lado, sobre um fundo liso e claro. À esquerda está uma peça com cabo cilíndrico grosso, com várias ranhuras paralelas na parte inferior para dar aderência; na extremidade superior há uma pequena roda circular com borda cheia de dentes finos, parecida com um disco de engrenagem. Ao lado dela há outra ferramenta com cabo de madeira, mais volumoso e arredondado, que afina em direção ao eixo; na ponta metálica há também uma roda dentada, um pouco menor, presa por um suporte estreito e com um pequeno parafuso ou pino no meio. À direita aparecem duas peças muito semelhantes entre si: são finas, retas, com formato de tiras metálicas achatadas; cada uma termina, na parte superior, em uma extremidade levemente afunilada com um minúsculo disco dentado na ponta, bem menor que os anteriores, e um pequeno pino ou rebite logo abaixo desse disco. Esses objetos lembram carretilhas usadas em costura, modelagem ou trabalhos de couro para marcar linhas com pontinhos. Fim da descrição.

Para obter matrizes de clichê metálico para impressão mecânica de braile, o Instituto tinha também um dispositivo em que um pino similar a um prego era acionado de cima para baixo por um pedal, marcando uma mocha no clichê, semelhante a um ponto braile (por isso, serem conhecidas pelo apelido de pedaleiras). As linhas e curvas do desenho (além das próprias letras em braile) portanto, eram produzidas marcando-se vários pontos próximos, produzindo um resultado como na próxima figura (reprodução em *Thermoform*).

De qualquer maneira, é importante frisar que estas iniciativas, ainda que importantes, eram operadas por pessoas não cegas, sendo os cegos meros consumidores deste material.

Naquela época, juntos, começamos a fazer alguns experimentos, com a sensação de que a resposta para a pergunta de Jensen seria SIM, e que os cegos poderiam eles próprios gerar e ler desenhos.

Figura 8.2 – Clichê metálico com gráfico para impressão



Fonte: Acervo da imprensa braille do Instituto Benjamin Constant.

Descrição da figura 8.2: Clichê metálico com gráfico para impressão. Mapa tátil em relevo impresso em papel branco. Os contornos dos países aparecem formados por fileiras de pequenos pontos em alto-relevo. Há também grupos de pontos organizados em padrões de braille espalhados sobre o mapa, provavelmente indicando nomes de países ou regiões. A área em destaque lembra o formato da América do Sul, com um grande contorno central e outros menores ao redor. Fim da descrição.

Do ponto de vista filosófico, havia uma sensação de que seria importante que os cegos pudessem expressar-se graficamente com independência, mesmo que de forma mais restrita, e, provavelmente, tendo a tecnologia como aliada. Esta liberdade de poder desenhar aumentaria a compreensão e a possibilidade de comunicação sobre o espaço e sua representação, e ampliaria a expressividade e as possibilidades de desenvolver ideias em sua plenitude.

Desenhar é uma atividade que pode ser muito gratificante para pessoas cegas. Pode ajudar a desenvolver a criatividade, a imaginação e a coordenação motora, mas devemos enfatizar que é uma poderosa forma de comunicação e de expressão pessoal.

Alguns cegos têm enorme capacidade de se expressar graficamente

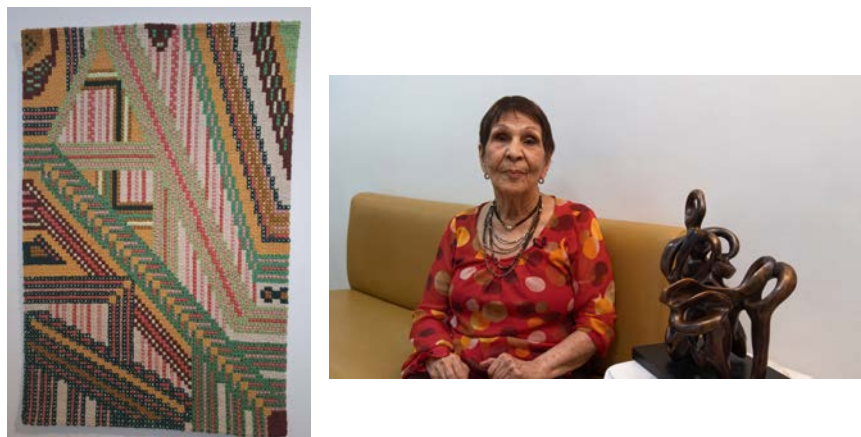
Alguns artistas cegos usam técnicas táteis para criar arte, usando o tato para sentir texturas, formas e contornos. Eles podem utilizar, por exemplo, materiais como papel especial, relevo, linhas elevadas ou texturas variadas para representar objetos e paisagens.

Muitos indivíduos cegos desenvolvem suas habilidades de desenho com base na memória, na imaginação e no entendimento tátil do mundo ao seu redor. Alguns demonstram habilidades artísticas notáveis e produzem obras de arte visualmente impressionantes, criando representações visuais a partir de suas experiências sensoriais e mentais. É importante reconhecer a diversidade de habilidades e técnicas utilizadas pelos artistas, independentemente de sua capacidade visual, notando também que as abordagens para a produção dos desenhos são geralmente diferentes daquelas usadas pelos artistas que enxergam.

A tapeçaria da Figura 8.3 é uma obra prima produzida pela professora Virgínia Vendramini, artista plástica premiadíssima, que é completamente cega. Perguntando a ela qual a tática que usa para a seleção das padronagens e das cores, ela fala de orientação espacial, de memória visual de quando era menina, de habilidade, de contagem etc.

Nota: se assistirem a alguma aula do professor José Antônio Borges pela internet, filmada em seu escritório, observem na parede, como pano de fundo, a linda tapeçaria da professora Virgínia Vendramini, dada para o professor, em homenagem à amizade deles.

Figura 8.3 – Tapeçaria e escultura de Virgínia Vendramini



Fonte: Fotos cedidas por Virgínia Vendramini.

Descrição da figura 8.3: Tapeçaria e escultura de Virgínia Vendramini (artista à direita). Tapeçaria retangular com padrão geométrico colorido. O trabalho ocupa quase todo o enquadramento, com o fundo neutro aparecendo só nas bordas. A superfície é feita em pontos grossos de bordado ou tear, criando textura bem marcada. As cores principais são verde, rosa, amarelo-mostarda, bege, vinho, branco e pequenos detalhes em azul-escuro e preto. O desenho é formado por faixas largas e estreitas que se cruzam em diagonais, horizontais e verticais, criando triângulos, trapézios e retângulos. Na metade esquerda, há muitas diagonais amarelas e verdes que descem da parte superior para a inferior, intercaladas com fileiras de pontos brancos e vermelhos. Na parte superior direita, aparece uma grande faixa inclinada bege com pequenos quadradinhos azuis-escuros, ao lado de outras faixas verticais em vinho, bege e mostarda. Na região central, sobressai uma área em forma de grande “V” ou seta aberta, formada por listras paralelas em rosa, verde-claro e bege, que se repetem em camadas. No canto inferior esquerdo, o padrão se torna mais denso, com muitas linhas paralelas em verde-escuro, vermelho, branco e mostarda, criando uma sensação de profundidade. As bordas são retas e regulares, sem franjas, dando aparência de quadro têxtil pronto para exposição. À direita, a foto de Virginia Vendramini, autora da tapeçaria, sentada num sofá amarelo, ao lado de uma escultura abstrata escura. Ela tem pele clara, cabelo curto e escuro, bem rente à cabeça, e expressão séria, com o rosto voltado para a câmera. Veste uma blusa de mangas longas em tons de vermelho e laranja, com estampa de formas circulares claras. No pescoço, há vários colares finos, de comprimentos diferentes. À direita, sobre uma base retangular clara, está uma escultura de aparência metálica ou em madeira escura, com formas curvas e entrelaçadas, criando um conjunto abstrato vertical. O fundo é uma parede lisa, clara, sem outros detalhes visíveis. Fim da descrição.

Em qualquer manifestação humana, nada substitui o talento, que é uma predisposição natural para conseguir fazer algo com facilidade e perfei-

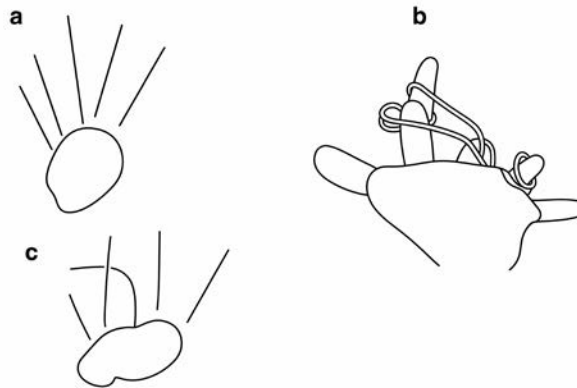
ção, provavelmente em um tempo menor do que os outros. Não estamos pensando que todos os cegos sejam capazes de fazer o que Virgínia faz. Mas sabemos que podem ir muito longe, desenvolvendo sua capacidade de desenhar e de compreender desenhos.

Técnicas usadas pelas pessoas cegas para desenhar

As pessoas cegas podem usar diferentes métodos para criar manifestações visuais:

- a) Muitos cegos desenvolvem suas habilidades de desenho com base na memória, na imaginação e no entendimento tátil do mundo ao seu redor. Eles podem criar representações visuais a partir de suas experiências sensoriais e mentais.

Figura 8.4 – Representações de mãos, como criadas por uma pessoa cega



Fonte: Desenhos simulados pelo chatGPT.

Descrição da figura 8.4: Representações de mãos, criadas por uma pessoa cega. Desenho infantil em preto sobre fundo branco. À esquerda, há dois rabiscos simples rotulados com letras minúsculas "a" (em cima) e "c" (embaixo), impressas em fonte comum. O desenho "a" mostra uma forma ovalada na parte inferior, como uma cabeça, com cinco traços retos saindo dela para cima e para o lado, lembrando fios de cabelo ou raios. O desenho "c" é semelhante, também com uma forma ovalada e vários traços retos partindo dela para cima; aqui os traços são menos inclinados e um deles está no centro, parecendo mais vertical. À direita, há um desenho maior rotulado com a letra minúscula "b", colocada acima dele. Esse desenho "b" tem uma forma grande e irregular que lembra um corpo ou tronco, com vários apêndices alongados saindo dele em diferentes direções, como braços, pernas ou dedos. Alguns desses apêndi-

ces são mais grossos, outros mais finos, todos traçados de maneira solta e irregular, mantendo o estilo de rabisco infantil. Fim da descrição.

- b) Alguns cegos usam técnicas para criar desenhos, usando o tato para sentir texturas, formas e contornos. Comumente, usam materiais específicos com sensações táteis bem diferenciadas: papel especial, relevo, linhas elevadas ou texturas variadas para representar objetos e paisagens.
- Desenho em relevo: é uma técnica em que se usam **texturas e relevos** para representar objetos ou cenas. O papel, ou a tela, pode ser coberto com papel de lixa, recortes em EVA, areia ou outros materiais que criam texturas distintas. É possível, então, usar uma variedade de ferramentas, como canetas, estiletes, tesoura, lápis ou carimbos, para criar o desenho.

Figura 8.5 – Desenho criado com texturas



Fonte: Acervo do departamento técnico pedagógico do Instituto Benjamin Constant.

Descrição da figura 8.5: Desenho criado com texturas. Um painel de papelão aberto com formas geométricas coloridas coladas. O painel é feito de papelão marrom, em formato de um retângulo comprido, apoiado sobre uma superfície de granito clara, mesclada de cinza e branco. Na parte esquerda do painel, há três círculos de EVA ou papel-espuma, dispostos em linha horizontal, encostados uns nos outros. Da esquerda para a direita as cores são: laranja, verde e cinza. Abaixo desses círculos, há três triângulos, também em linha horizontal. Da esquerda para a direita, as cores são: cinza, verde e laranja. Embaixo dos triângulos, um retângulo fino e comprido, na cor preta, atravessa parte da largura do painel, servindo como base para os triângulos.

Na parte direita do painel, há duas “placas” formadas por um bastão preto vertical com uma forma geométrica no topo. À esquerda, um bastão preto com um círculo amarelo na parte de cima, lembrando um sinal de trânsito redondo. À direita, outro bastão preto com um triângulo amarelo no topo, como uma placa triangular. Entre as duas partes do painel, passando de cima a baixo, há duas faixas verticais vermelhas, uma próxima da borda direita e outra mais ao centro, paralelas aos bastões pretos. Fim da descrição.

- **Desenho com linha ou pontos:** é uma técnica em que se usam **linhas** ou pontos para representar objetos ou cenas. Pode-se usar uma variedade de ferramentas, como canetas, barbante, lápis ou marcadores, para criar as linhas.

Figura 8.6 – Desenho baseado em linhas



Fonte: Acervo do departamento técnico pedagógico do Instituto Benjamin Constant.

Descrição da figura 8.6: Desenho baseado em linhas. Uma folha retangular de papel rosa com um barbante branco colado formando linhas e um círculo. Na parte de baixo do papel há uma linha reta horizontal de barbante, bem próxima à borda inferior. Acima dessa linha, um pedaço de barbante forma um grande arco ondulado: sobe da borda esquerda, faz um “morro”, desce até o centro, passa por trás de um círculo, sobe de novo fazendo outro “morro” e desce até a borda direita. No centro, um círculo de barbante está posicionado logo acima da linha reta inferior, encaixado dentro da curva maior. O fundo abaixo do papel rosa é uma toalha ou superfície amarela com desenhos de girassóis grandes. Fim da descrição.

- **Escultura:** o processo de escultura é bastante complexo, envolvendo várias etapas, como estudos prévios, moldes, fundição etc. Ape-

sar dessas dificuldades, as formas dos objetos são sensíveis ao tato durante essas fases.

Figura 8.7 – Esculturas em bronze e cerâmica, criadas por Virgínia Vendramini



Fonte: Fotos tomadas pelo autor na casa de Virgínia Vendramini.

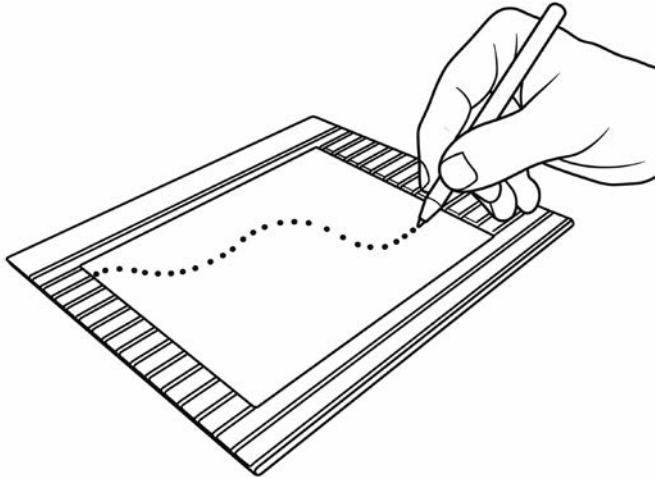
Descrição da figura 8.7: Esculturas em bronze e cerâmica. À esquerda, estátua abstrata de metal dourado sobre uma base retangular escura. A peça dourada tem formato orgânico, com curvas suaves e irregulares, lembrando um corpo ou drapeado, sem detalhes definidos de rosto ou membros. A superfície do metal é lisa e brilhante, com reflexos de luz. Na parte inferior da escultura há um pequeno relevo que parece ser uma assinatura ou marca, mas não está legível na imagem. A base parece de pedra ou material semelhante, em tom cinza-escuro, com linhas retas e acabamento fosco. Ao fundo há degraus de mármore em tom bege com veios rosados, sugerindo que a escultura está exposta em um ambiente interno. À direita, escultura de pedra em formato de camadas onduladas, lembrando conchas ou cogumelos empilhados. Ela é bege com partes mais claras nas bordas, formando vários “pratos” irregulares que sobem até um topo mais estreito. A peça está apoiada sobre uma base redonda escura, colocada sobre uma superfície de madeira polida. O fundo é liso, em tom esverdeado, com iluminação concentrada na escultura, destacando o relevo e as curvas. Fim da descrição.

- c) Alguns cegos usam técnicas baseadas em matemática, contando, calculando, medindo distâncias. A capacidade de desenhar usando técnicas matemáticas é fascinante e exemplifica como a arte e a ciência podem se entrelaçar.

Esta abordagem pode fazer uso de alguma ferramenta que ajude no posicionamento a partir de uma grade. Por exemplo, uma Prancheta de Desenho em Relevo Positiva: uma grade ortogonal que, colocada embaixo de uma folha de papel, oferece uma guia durante o processo de desenho. O desenho é criado com auxílio de um giz de cera ou lápis de cor com

ponta grossa. Esta prancheta foi criada em uma impressora 3D pela professora da Universidade Federal do ABC, Elisabeth Marcon Mello.

Figura 8.8 – Prancheta positiva, criada numa impressora 3D, pela pesquisadora Elisabete Marcon Mello



Fonte: Desenho reproduzido pelo Gemini.

Descrição da figura 8.8: Prancheta positiva, criada numa impressora 3D. Uma mão segurando um lápis sobre uma folha apoiada em uma prancheta retangular. A prancheta tem bordas laterais com marcações em faixas, como se fossem réguas. No centro há uma folha em branco, e o lápis está traçando uma linha pontilhada sinuosa, que atravessa a folha de um lado ao outro. Fim da descrição.

Esta terceira forma de desenho, que é baseada em relações matemáticas, é a que mais nos interessa aqui, porque ela pode ser aprendida e ensinada, sem a premissa da existência de talento. No nosso caso, entretanto, daremos ênfase ao uso do computador para a implementação dos desenhos.

Em adição ao que mostramos acima, queremos sugerir um pequeno filme denominado “Como cegos desenharam? – Histórias de Cego responde”, no site

https://www.youtube.com/watch?v=U9l__5jUje4

Desenvolvendo a habilidade de desenho nas pessoas cegas, sem usar o computador

1 - Sobre o domínio dos instrumentos de desenho

No processo de criação de desenhos e gráficos, quase sempre serão utilizados alguns instrumentos simples.

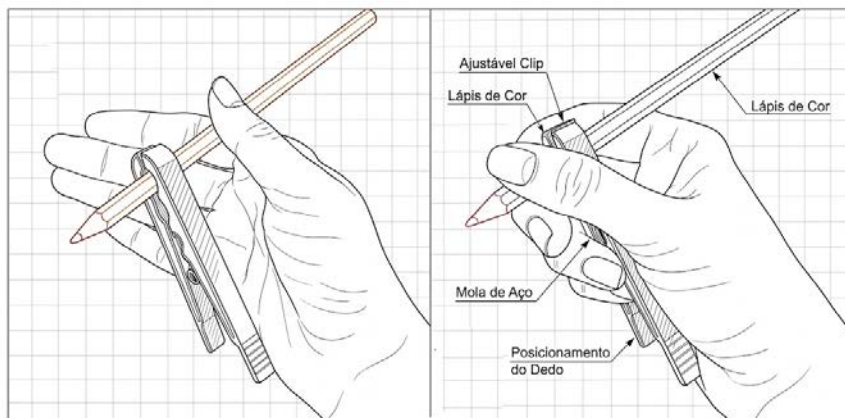
- a) Para produzir o objeto gráfico em si serão usados o lápis comum, o lápis cera, canetas, carretilhas etc.
- b) Ferramentas para guiar a produção do desenho, como grades e guias, esquadro, transferidor etc.

Obviamente, a pessoa cega precisa saber manipulá-los para produzir o tipo de desenho pretendido.

Para uso pelas pessoas cegas, existem diversas ferramentas específicas, como as pranchetas táteis, as canetas que produzem relevos e em particular os computadores, cujos *softwares* transcrevem as imagens mentais. Uma interface especializada e algoritmos específicos irão gerar o produto gráfico final.

Para um cego, entretanto, existem alguns entraves que estão relacionados à falta de contato prévio com os dispositivos citados acima. Por exemplo, uma pessoa cega de nascença não está acostumada a utilizar um lápis! Então, não é trivial desenvolver a empunhadura e dosar a pressão para obter o traço sem quebrar a ponta, o que é muito distinto da manipulação de um punção. Algumas técnicas são aplicáveis aqui, como prender o lápis com um prendedor de roupa ou uma borrachinha para ajudar na empunhadura, mas isso não é algo intuitivo para a maior parte dos professores.

Figura 8.9 – Trabalhando a empunhadura



Fonte: Gerado pelo Gemini.

Descrição da figura 8.9: Trabalhando a empunhadura. Prendedor de roupa preso em um lápis laranja sendo usado como apoio para segurar o lápis corretamente. Na parte esquerda, está uma mão aberta, com o lápis apoiado entre o polegar e o indicador, e o prendedor preso no lápis, pendurado para baixo. Na parte direita, está a mesma mão já em posição de escrita, com os dedos fechados em torno do lápis e o prendedor ainda preso, encostando na parte inferior da mão, funcionando como guia de apoio para a pegada. Fim da descrição.

Os desenhos baseados em matemática realizados pelas pessoas cegas, quase sempre irão utilizar-se de dispositivos adaptados para desenho geométrico, com marcações táteis, para uso de pessoas com deficiência visual, destacando réguas, fitas métricas, esquadros, compasso e transferidor. Infelizmente, no Brasil é difícil encontrá-los à venda. Mostramos um destes kits comerciais à venda no *site* da Amazon.

Nota: para encontrar opções de ferramentas para traçado geométrico adaptado para cegos, entre no Google, selecione a opção **Imagens**, e pesquise a chave “**geometry kit for blind**”,

Figura 8.10 – Kit de desenho geométrico para cegos



Fonte: Recriado pelo gemini a partir de foto do acervo do autor.

Descrição da figura 8.10: Kit de desenho geométrico para cegos. Conjunto de materiais de desenho e geometria sobre uma superfície retangular preta. Há uma prancheta preta, em formato próximo de A4, com um clipe metálico prateado à esquerda, preso na borda vertical. No canto superior esquerdo, perto do clipe, há uma pequena etiqueta branca com detalhes em rosa. Na parte superior está um compasso metálico prateado, aberto, com aro na parte de cima. À direita do compasso há dois esquadros de plástico: um amarelo com interior vazado em forma de triângulo, e outro azul encaixado parcialmente dentro dele. Ambos têm marcações de régua nas bordas externas. No centro, atravessando a imagem na diagonal, há uma régua longa de plástico verde, também com marcações de medida ao longo do comprimento. À esquerda do centro há um estojo plástico transparente com tampas brancas, contendo vários pequenos tubos brancos, que parecem ser cargas ou grafites. Na parte inferior há um transferidor semicircular amarelo, com marcações de ângulos na borda curva. Encostado na base reta do transferidor existe um instrumento preto, em forma de régua reta com um braço móvel preso por um parafuso claro, usado como goniômetro ou esquadro regulável. Fim da descrição.

Oferecer acessibilidade no uso dessas ferramentas vai muito além de pensar que tudo é uma questão de “horas de pilotagem”. É preciso ter claro um **procedimento metodológico adequado, desenvolvido ao longo da vida acadêmica**, desde o nível fundamental, em que muitos passos vão sendo dados, sob orientação dos professores, para formar no aluno a vivência necessária para a naturalização das atividades de desenho.

Observação: Essas dificuldades técnicas, que precisam ser vencidas passo a passo – e não o são no Brasil – explicam porque há tão poucas pessoas com deficiência com uma mínima habilidade de desenhar de forma manual.

2 - Qual a abordagem adequada para desenvolver a habilidade de desenho numa pessoa cega?

O aprendizado do desenho pode ser pensado de várias maneiras, mas preferimos usar um modelo simplificado. Focaremos na produção de desenhos usando e produzindo objetos de matemática. São as seguintes as etapas.

- a) Aprender os conceitos básicos de geometria:
 - pontos, linhas, formas básicas e cores
- b) Trabalhar com as ferramentas físicas de desenho com relativa segurança:
 - lápis, régua, compasso, esquadro, transferidor etc.
- c) Conceituar as interrelações entre os elementos:
 - posicionamento absoluto e relativo, interseção, tangência, paralelismo, perpendicularidade etc.
- d) Dominar o sistema de coordenadas cartesianas:
 - que permitirá que a pessoa cega crie estratégias confiáveis de posicionamento de objetos.
- e) Aprender a usar algumas ferramentas computacionais de desenho.
 - (selecionadas dependendo da finalidade).

3 - Aprendendo os conceitos básicos de geometria

A maioria de nós tem a falsa impressão de que as pessoas cegas que estudaram em escolas especializadas tiveram um contato razoável com as figuras geométricas planas simples. Nossa vivência com muitos estu-

dantes cegos mostra que isso não é verdade. Às vezes, chegamos a nos surpreender com seu desconhecimento das figuras e suas propriedades, e com sua inabilidade de lidar com dispositivos físicos para desenho.

Temos então que garantir que estes conhecimentos estejam sólidos, caso contrário, seremos malsucedidos no nosso ensino posterior.

Figura 8.11 – Multiplano em versão expandida



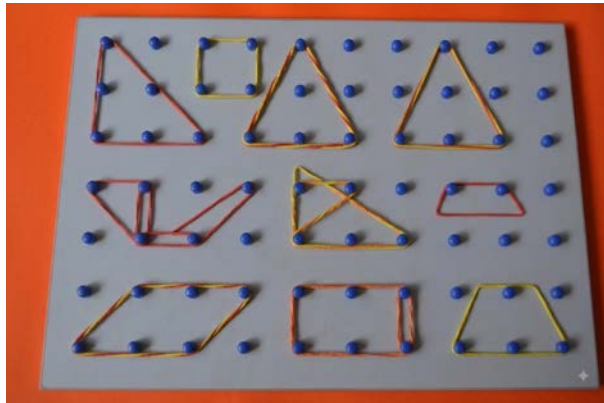
Fonte: <https://megapontes.pt/tecnologia-acessivel/>.

Descrição da figura 8.11: Multiplano em versão expandida. Painel didático azul perfurado para ensino de matemática. No painel, aparecem várias formas geométricas e representações feitas com hastes e elásticos coloridos: círculos, um cubo em perspectiva, retângulos, segmentos paralelos, um gráfico em barras com pequenas peças coloridas e figuras que lembram frações em discos azuis. À direita da imagem, há uma maleta azul do mesmo material, com alça superior, ilustrada com um personagem de cachorro amarelo de óculos. Nessa maleta, está escrito em letras grandes e amarelas com contorno roxo: “MULTIPLANO”. Na parte inferior direita da maleta está o texto: “Aprenda Matemática Brincando!”. No canto superior direito da imagem aparecem as palavras: “MEGA PONTES. Soluções em Tecnologia Acessível”. Fim da descrição.

Há certo consenso que o instrumento mais adequado para tornar o estudo dos objetos geométricos efetivo é o **multiplano** em sua versão expandida, com grandes dimensões e muitas peças, como mostrado na Figura 8.11 e, na sua falta, um **geoplano** simples, como mostrado na Figura 8.12). Com ele é possível materializar o ensino através da criação dinâmica das figuras com elásticos e pinos, sem necessidade do desenvolvimento de habilidade de traço e domínio das ferramentas adaptadas de desenho. Infelizmente, ainda são raros os lugares que têm um multiplano como o

mostrado acima e, portanto, temos que improvisar com objetos mais simples criados “em casa”.

Figura 8.12 – Geoplano



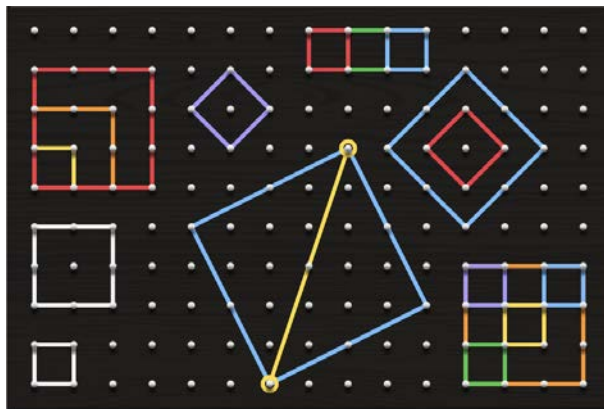
Fonte: Gerado pelo gemini, a partir de descrição dada pelo autor.

Descrição da figura 8.12: Geoplano. Tabuleiro retangular de geoplano com vários pontos em relevo organizados em grade. Elásticos coloridos estão presos entre esses pontos formando diferentes figuras geométricas: vários triângulos, quadrados, retângulos e trapézios em tamanhos diversos. O tabuleiro é de cor clara, provavelmente cinza ou branca, e os pontos em relevo são azul-escuros. Ao fundo há uma superfície de cor laranja intensa, que contrasta com o tabuleiro. Fim da descrição.

No processo de ensinar os conceitos geométricos, o principal objetivo é **materializar as figuras geométricas** usando pinos e elásticos, produzindo versões de diversos tamanhos, movê-las, rodá-las, esticá-las, dividi-las, estimar sua área e perímetro, e assim por diante. As pessoas com deficiência visual não estão acostumadas com a manipulação geométrica (que é algo muito rico). Então, este processo **tem que ser feito com calma e com criatividade**, como num jogo interessante.

O importante é desenvolver a intuição e a habilidade de construção e medidas feita pela própria pessoa. O processo, claramente, pode seguir estratégias de descoberta, onde o aluno sinta alegria por fazer, sozinho, cada construção, e intuindo as relações. Central a este desenvolvimento, está a ideia de que o aluno deve demonstrar domínio total na manipulação dos pinos e elásticos.

Figura 8.13 – Manipulando quadrados no geoplano



Fonte: Cópia de tela do site mathlearningcenter.org.

Descrição da figura 8.13: Manipulando quadrados no geoplano. Quadro de geoplano retangular cheio de pinos distribuídos em uma grade sobre um fundo preto com textura de madeira. Em vários pontos da grade, elásticos coloridos formam figuras geométricas. No canto superior esquerdo há um grande quadrado vermelho, e dentro dele dois quadrados menores: um laranja no meio e um amarelo ainda menor, encaixado no canto inferior esquerdo do quadrado laranja, parecendo um caminho em forma de “L”. Logo abaixo, mais à esquerda, há um quadrado branco de tamanho médio e, um pouco mais embaixo, outro quadrado branco menor alinhado com ele. Mais ao centro, um pouco acima da metade, há um losango roxo formado por um quadrado girado, com quatro pinos nos vértices. À direita desse losango, quase no canto superior, há três pequenos retângulos alinhados horizontalmente: o da esquerda é vermelho, o do meio é verde e o da direita é azul, todos com a mesma altura e largura, como três quadradinhos em fila. No lado direito, mais para o alto, existe um quadrado azul grande girado como losango. Dentro dele há um quadrado vermelho menor, também girado, centralizado em relação ao azul. Na região central inferior, um polígono irregular grande é formado por um elástico azul claro ligando cinco pinos, criando uma espécie de quadrilátero alongado que parece inclinado. De um dos vértices superiores desse polígono sai um elástico amarelo que vai até um vértice inferior, formando uma diagonal destacada em amarelo. No canto inferior direito há uma composição de quadrados coloridos. Três quadrados pequenos estão alinhados na coluna da esquerda: o de cima é roxo, o do meio é amarelo e o de baixo é verde. À direita, compartilhando alguns lados com esses, há dois quadrados laranja, um no topo direito e outro embaixo à direita, de modo que juntos formam uma malha tipo grade 2 por 3 com cores diferentes. Fim da descrição.

Há muitos detalhes que precisam ser estudados. Temos que conhecer as letras típicas que são associadas aos seus lados na sua descrição textual. Não podemos também esquecer de falar sobre o **ponto de origem** no posicionamento de cada objeto criado, associando-o a uma aresta ou

ao centro. É importante também estabelecer conceitos relativos a figuras irregulares e côncavas.

Sem tentar ser completo no conteúdo a explorar, e lembrando que tudo isso é um processo longo e detalhado, pelo menos é preciso garantir que o aluno domine perfeitamente cada um dos elementos a seguir:

- Segmento de reta e reta
- Linha poligonal et polígono, regular e irregular, côncavo e convexo
- Circunferências, círculos e elipses
- Rotação e escalamento de figuras
- Entre outras.

4 - Dominando as ferramentas físicas de desenho

Mostramos que usando o geoplano é possível apresentar diversos aspectos geométricos, mas não todos. Quando se trata de figuras que são posicionadas giradas, o problema começa a complicar, pelo fato de estarmos, no geoplano, limitados a pontos equidistantes e seguindo uma grade. Ao girar ou ampliar livremente um quadrado, por exemplo, ele sai da grade e é difícil desenhar os lados.

O domínio básico das ferramentas adaptadas de desenho é importante, não apenas pela eliminação destas restrições, mas por tornar viável o estudo de outras situações: o paralelismo e o perpendicularismo, a interseção, as transformações geométricas lineares ou não, e assim por diante.

Reconhecemos que iremos esbarrar nas questões de habilidade manual e assim teremos que ir passo a passo, apresentando pequenos problemas de traçado que se complicam devagar. O simples fato de a pessoa conseguir usar uma régua e desenhar um segmento de reta com 5 cm na horizontal e outro na vertical, e depois identificá-los pode demorar um tempo muito maior do que se imagina.

Na sequência, iremos percorrer pelo menos:

- a) O desenho de segmentos de reta de tamanhos e inclinações variados
- b) O desenho de quadrados e retângulos, com manipulação do esquadro
- c) O desenho de diversos tipos de triângulos
- d) O traçado de poligonais e polígonos
- e) O desenho de losangos e paralelogramos, com manipulação do esquadro
- f) O desenho de circunferências e arcos de circunferência, raio e diâmetro, com a manipulação do compasso
- g) O traçado dos ângulos mais importantes (30, 45, 60, 90, 180 e 270 graus)
- h) O desenho aproximado de elipses
- i) O traçado de curvas aproximadas com união de pontos
- j) O desenho de letras em “formato bastão”

Importante: Ao estudar cada figura, dependendo do nível escolar, deve-se calcular seu perímetro e sua área.

Colocado desta forma, pode-se ter a impressão de que é fácil percorrer estes itens. Pelo contrário, cada um destes itens pode ser objeto de muitas horas de trabalho.

5 - Dominando o sistema de coordenadas cartesianas

Até o momento, estamos pensando nas figuras soltas, e, em princípio, o máximo que o aluno precisará saber é que existe uma grade de pontos que são identificados por um par de números. Entretanto, quanto mais cedo os conceitos de coordenadas cartesianas estiverem claros na cabeça dos alunos, mais fácil será para que a pessoa cega crie estratégias confiáveis de posicionamento de objetos.

Em resumo, a partir daqui, todas as ferramentas de desenho, e em particular os programas de computador utilizarão referências ao sistema de coordenadas cartesianas.

Se desejarmos ser formais, há uma sequência didática para explicar os detalhes deste tema:

- a) Entender os significados dos eixos x e y, ortogonais. O ponto onde os dois eixos se encontram é chamado de origem (0,0).

Nota: Devemos também explicar que quando vamos desenhar, devemos escolher em que ponto do papel será colocada a origem

- b) Entender o que significam coordenadas: os pontos no plano cartesiano são identificados por pares ordenados (x, y). Definindo que o eixo x está na horizontal e o eixo y está na vertical, o ponto (3, 4), por exemplo, significa que se move 3 unidades no eixo x (horizontal) e 4 unidades no eixo y (vertical) a partir da origem.
- c) Usar papel milimetrado ou *software* de desenho que permita traçar linhas horizontais e verticais para representar os eixos x e y. Plotar pontos e desenhar formas simples, como retas e quadrados.
- d) Mostrar que é fácil calcular a distância entre dois pontos, usando o teorema de Pitágoras ou a fórmula da distância entre dois pontos:

$$\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

- e) E, para o nível médio, por exemplo:
 - a) Praticar a compreensão das transformações no plano cartesiano, como translação, reflexão, rotação e redimensionamento de figuras geométricas.
 - b) Representar graficamente funções simples no plano cartesiano. Isso envolve entender como plotar pontos e desenhar gráficos de equações como $y=f(x)$.

6 - Criação de desenhos com vários elementos e a compreensão das interrelações entre eles

A compreensão dos elementos básicos de desenho é o início de tudo. Mas, na prática, os desenhos quase sempre são muito mais complexos: eles são criados com a inclusão de muitos destes elementos simples para formar o desenho completo.

Podemos pensar que os desenhos sejam criados de forma hierárquica, ou seja, o desenho deve ser pensado como sendo composto por partes grandes (macros), que se dividem em partes menores, que se subdividem sucessivamente em parte cada vez mais detalhadas.

Figura 8.14 – Uma casinha com a união de diversas figuras simples.



Fonte: Desenho gerado pelo gemini a partir de descrição do autor.

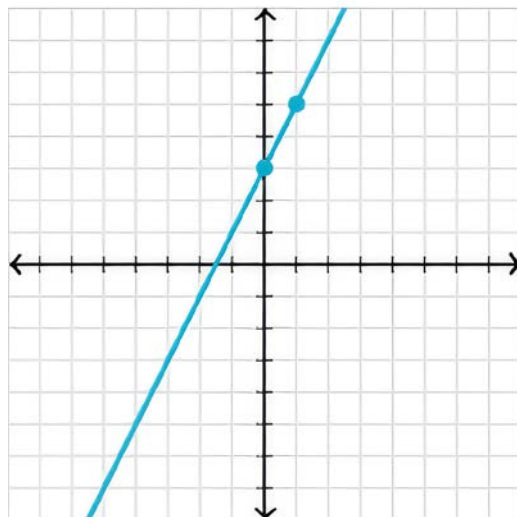
Descrição da figura 8.14: Uma casinha com a união de diversas figuras simples. Uma casa de dois andares desenhada em preto e branco sobre fundo branco. O telhado é triangular, e bem perto do topo há um pequeno círculo, como se fosse uma janela redonda. No segundo andar, há duas janelas retangulares lado a lado, cada uma com uma pequena base que parece uma jardineira. No andar de baixo, há uma porta retangular à esquerda, com um retângulo menor indicando a parte envidraçada. À direita da porta, há uma grande janela retangular com uma borda na parte de baixo, semelhante às jardineiras de cima. Toda a parte térrea é coberta por uma varanda rasa com teto reto, sustentada por três colunas finas na frente. Fim da descrição.

Há aqui um universo de possibilidades, que têm a ver com as figuras simples serem os blocos de construção para formar estruturas mais complexas.

Devemos, assim, explicar para os nossos alunos que é preciso criar estratégias de montar os elementos para formar um todo, como projetar cada parte para depois juntar, para que no fim tudo se encaixe e o desenho faça sentido.

Para a maior parte das pessoas, entretanto, especialmente no âmbito escolar, o objetivo deve ser familiarizar-se com algumas estruturas específicas da matemática: em especial os gráficos de barra, os gráficos de função e os diagramas circulares (também chamados de gráficos de pizza). Sendo assim, podemos mostrar como alguns conjuntos de dados do mundo são transcritos para uma forma gráfica e mais legível (pelo menos para os videntes). Da mesma forma, devemos fazer o mesmo com equações matemáticas, para ganhar intimidade com seu funcionamento teórico.

Figura 8.15 – Gráfico simples com grade e eixos



Fonte: cópia de tela do Geogebra, editada manualmente pelo autor.

Descrição da figura 8.15: Gráfico simples com grade e eixos. Um plano cartesiano com uma reta azul-clara crescente no primeiro e no terceiro quadrante. A reta cruza o eixo y um pouco acima da origem e sobe para a direita, indo do lado inferior esquerdo para o lado superior direito. Há dois pontos destacados nessa reta, ambos com coordenadas positivas de y, um mais próximo do eixo x e outro um pouco acima dele, indicando dois pontos usados para representar ou determinar essa função linear. Fim da descrição.

Estas informações devem ser dadas de forma muito simplificada, uma vez que os problemas mais difíceis serão implementados de forma automatizada nos programas de desenho, que vêm a seguir.

Como toque final, devemos dar aos alunos algumas noções sobre como se estruturam as anotações em tinta e em braile.

Nota: É importante que tenhamos noção clara de que quando os desenhos começam a ter muitos elementos, o problema da precisão do desenho toma uma proporção muito severa. No caso das pessoas com deficiência visual, entretanto, o julgamento desta qualidade gráfica deve ser minimizado, considerando que as limitações visuais tornam muito difícil o desenho com precisão.

7 - Aprendendo a usar algumas ferramentas computacionais de desenho

Existem algumas ferramentas de desenho que podem ser utilizadas por deficientes visuais, sendo-lhes garantida a acessibilidade. Porém, elas exigem um conhecimento de geometria que não é usual para a maior parte dos alunos brasileiros. Ainda pior, não é garantido que o resultado produzido por eles possa ser facilmente reproduzido de forma tátil.

Na verdade, os programas de geração de gráficos geralmente produzem resultado na tela do computador ou em papel com impressora convencional. Esses desenhos até poderiam ser duplicados para a forma tátil usando uma **máquina fusora**, que, como sabemos, não é um equipamento amplamente disponível no país. Além disso, o papel especial é muito caro, inviabilizando o seu uso pedagógico, na prática, na maior parte das escolas do país.

Desenvolvemos então um programa acessível, que permite que gráficos simples possam ser obtidos interativamente, e com saída em impressora braille (e em papel convencional, para exibição para as pessoas que enxerguem). Este programa pode ser usado em conjunto com o processo de descoberta geométrica, materializando em papel o universo de possibilidades que é explorado.

O Grafivox será objeto de nosso próximo estudo neste curso.

Conhecendo o sistema Grafivox

1 – Descrição geral

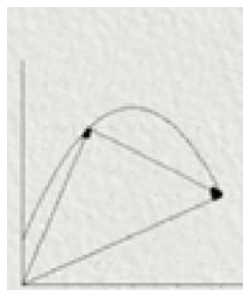
O Grafivox é um programa que permite que uma pessoa com deficiência visual produza, de forma independente, desenhos que podem ser exibidos na tela do computador, numa impressora convencional (jato de tinta ou laser, entre outras) ou numa impressora braille (e meios similares de exibição de pontos táteis).

O Grafivox foi desenvolvido pelo professor José Antonio Borges, com o primeiro objetivo de atender às necessidades dos alunos com deficiência visual da UFRJ. Seu uso também se tornou interessante para atender a diversas outras situações (inclusive para alunos sem deficiência).

Os desenhos são criados interativamente, através de comandos que são registrados num arquivo para uso posterior. Cada comando é composto por um mnemônico de duas letras, seguido por um conjunto de parâmetros que são específicos para cada comando.

Por exemplo, o comando RT é usado para especificar um segmento de reta, e deve ser acompanhado por duas coordenadas, que indicam seus pontos de início e fim.

Figura 8.16 – Gráfico gerado a partir de comandos



```
RT O O 20.6 15.2
; eixos e grade
EX 00 10
EY 00 10
; três setas
ST 00 37
ST 00 94
ST 37 94
; curva
CV 02 47 94
```

Fonte: Cópia de listagem em papel gerada pelo grafivox.

Descrição da figura 8.16: Gráfico gerado a partir de comandos. Figura de um gráfico simples com três setas e uma curva no lado esquerdo e, à direita, texto em português listando comandos. Descrição da parte gráfica: Há dois eixos formando um canto inferior esquerdo, um vertical e um horizontal. A partir da origem, saem duas setas em direção a um ponto preto no alto à esquerda e a um ponto preto na direita. Do ponto preto da esquerda parte uma seta em diagonal para o ponto preto da direita. Acima desses três segmentos de reta há uma curva suave em arco, começando na origem aproximada, passando perto do ponto da esquerda e terminando no ponto da direita. Transcrição exata do texto à direita: ; eixos e grade. EX O O 10. EY O O 10.; três setas. ST O O 3 7. ST O O 9 4. ST 3 7 9 4.; curva. CV O 2 4 7 9 4. Fim da descrição.

Mostramos na figura anterior, um pequeno exemplo de comandos e do desenho criado a partir deles.

Podemos traduzir este desenho para palavras:

- *Desenhe o eixo X, a partir da origem (0,0) e comprimento 10;*
- *Desenhe o eixo Y, a partir da origem (0,0) e comprimento 10;*
- *Desenhe 3 setas, unindo (0,0) a (3,7), (0,0) a (9,4) e (3,7) a (9,4)*
- *Desenhe uma curva que passe por (0,0), (4,7) e (0,4)*

Os pontos do desenho podem ser especificados como:

- coordenadas cartesianas (caso mais comum),
- coordenadas polares (distância e ângulo),
- posições relativas a outros elementos já criados,
- fórmulas ou pontos descritos a partir de arquivos.

Quando já se domina os comandos gráficos e seus parâmetros, é muito rápido inseri-los textualmente. Quando não se lembra de algum específico pode-se fazê-lo de forma interativa, em que o computador vai ajudando a criar os elementos e seus parâmetros, como veremos adiante.

Figura 8.17 – Gerando interativamente o comando ST O O 3 7



Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 8.17: Gerando interativamente o comando ST O O 3 7. Janela de programa em fundo preto, com texto branco na parte superior. Texto visível: “Modo interativo. Digite o comando st. Seta. Abaixo, há uma faixa larga em vermelho com texto em branco e números em amarelo, escrito: “Ponto inicial: 0 0 Ponto final: 3 7”. Fim da descrição.

Os traçados podem ser associados a diversas propriedades específicas (como cor ou espessura, por exemplo), que não são incluídas nos comandos de traçado de figuras. Essas propriedades são expressas por comandos destinados à configuração gráfica. Por exemplo:

PR C azul E 2

Indicando as propriedades: cor azul, espessura 2.

Nota: o comando PR sem nenhum parâmetro indica usar propriedades padrões (ou seja, cor preta, espessura 1).

Deve-se observar que as coordenadas (bem como outros parâmetros) são separadas unicamente por espaços. A parte decimal dos números pode ser omitida, ou indicada (indiferentemente) através de um ponto decimal ou por uma vírgula decimal.

Cada elemento gráfico especificado gera saída numa área gráfica que pode ser visualizada na tela, ou impressa em tinta ou braille.

2 – Instalação do Grafivox

O Grafivox é um programa padrão do sistema Dosvox e deve vir pré-instalado. Dependendo da versão do sistema, pode ser necessário instalá-lo de forma explícita, usando o comando **C A P** do Dosvox, e digitando depois a palavra **grafivox** e teclar **Enter**. Confirmar, e esperar a instalação se completar.

O programa será buscado no repositório e instalado na pasta c:\winvox

A ativação do programa pode ser feita de três formas:

- a) no menu do Dosvox na opção U + g
(esta opção pode não estar instalada no Dosvox de sua máquina)
- b) no comando P do Dosvox teclar: c:\winvox\grafivox
- c) apertar a tecla Win junto com a letra R, e depois digitar c:\winvox\grafivox

3 – Funcionamento geral

Quando o programa é acionado, ele pergunta o nome do arquivo, que é um repositório que contém os comandos a serem criados (ou criados anteriormente).

Figura 8.18 – Informando o nome do arquivo a gerar ou editar



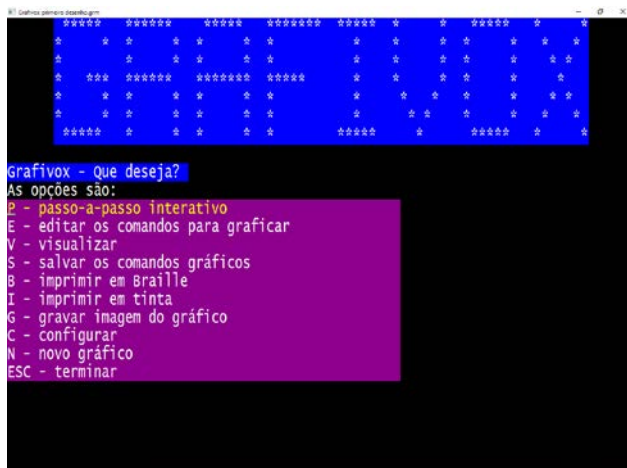
Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 8.18: Informando o nome do arquivo a gerar ou editar. Tela do grafivox em cor preta. Fundo azul na parte superior, preenchida por muitos caracteres de asterisco formando padrões retangulares, e fundo preto na parte inferior com texto

em branco. Texto visível na parte preta: Grafivox – 1.0 alfa. Informe o nome do arquivo. primeiro desenho. Arquivo novo. Fim da descrição.

Em seguida, o programa pergunta sua opção, que deve ser respondida com uma letra. Pode-se, caso não se conheça as opções disponíveis, apertar a seta para baixo para obter uma lista de opções que podem ser selecionadas pelas setas.

Figura 8.19 – Opções disponíveis, selecionáveis pelas setas



Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 8.19: Janela do grafivox. Opções disponíveis, selecionáveis pelas setas. Tela de um programa em modo texto chamado “Grafivox”. Na parte de cima há uma faixa grande azul, ocupando toda a largura, com muitos caracteres de asterisco espalhados, formando um desenho ou palavra em arte ASCII. Abaixo, à esquerda, aparece o texto: “Grafivox – Que deseja?”. Logo embaixo: “As opções são:”. Sob essas linhas, há um retângulo grande em magenta, também à esquerda, contendo o menu de opções em texto branco e amarelo. O item atual está destacado, começando com a letra P em amarelo. O conteúdo do menu está assim: P – passo-a-passo interativo; E – editar os comandos para graficar; V – visualizar; S – salvar os comandos gráficos; B – imprimir em Braille; I – imprimir em tinta; G – gravar imagem do gráfico; C – configurar; N – novo gráfico; ESC – terminar. O fundo da tela, fora da faixa azul de cima e do painel magenta do menu, é preto. Fim da descrição.

As funcionalidades gerais do programa são as seguintes:

a) Comandos de desenho:

- Desenhar figuras de forma interativa (passo a passo)

- Editar os comandos do gráfico
- Visualizar o gráfico que está sendo criado
- b) Comandos de impressão:
 - Configurar as características gerais da impressão
 - Imprimir em braile ou na impressora comum
- c) Comandos de arquivamento:
 - Salvar os comandos gráficos num arquivo
 - Gravar a imagem do gráfico em JPG, PNG etc
 - Gravar a imagem para uso no Braille Fácil (formato GRB)
 - Iniciar um novo gráfico
 - Terminar

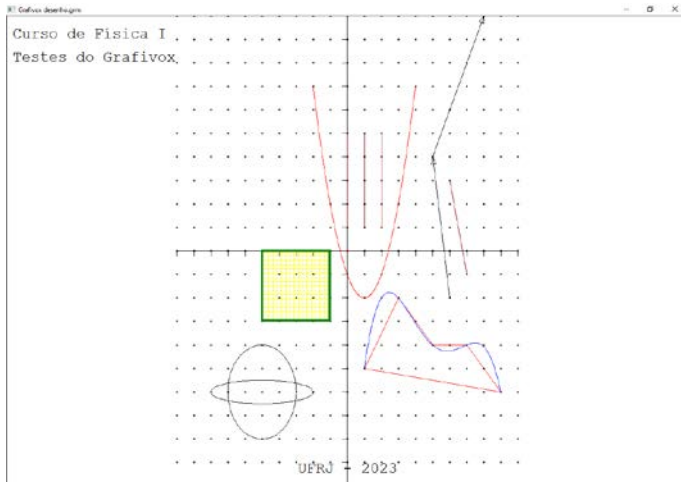
4 – Conhecendo a geração gráfica do programa

Mesmo não sendo um programa capaz de tratar todo o universo de elementos gráficos, o Grafivox é capaz de desenhar uma quantidade razoável de elementos gráficos e configurações, que julgamos suficientes para resolver grande parte dos problemas encontrados até o nível médio.

A figura abaixo mostra exemplos de elementos gráficos com configurações típicas aplicadas a alguns deles. São os seguintes os elementos mostrados nesta figura:

Ponto	Elipse
Reta	Polinômio
Seta	Curva
Retângulo	Grade
Polígono	EixoX
Circunferência	EixoY

Figura 8.20 – Alguns elementos gráficos no Grafivox



Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 8.20: Alguns elementos gráficos no Grafivox. Janela do programa Grafivox ocupando toda a tela, com vários desenhos geométricos e gráficos sobre uma malha pontilhada. No canto superior esquerdo está escrito: “Curso de Física I. Testes do Grafivox.” No centro da imagem há um sistema de eixos cartesianos, com o eixo x horizontal e o eixo y vertical, cruzando-se no meio da tela. A malha é formada por pequenos pontos igualmente espaçados em toda a área. No quadrante superior direito aparecem três conjuntos de segmentos de reta pretos formando vetores inclinados, alguns com pontas de seta. Um desses vetores é longo, partindo próximo à origem e indo para a região superior direita. Ao lado esquerdo desses vetores, ainda no quadrante superior direito e um pouco deslocada para o centro, há uma curva vermelha em forma de parábola aberta para cima, simétrica em relação ao eixo y. Dentro da parábola há vários segmentos de reta verticais paralelos entre si. No quadrante inferior direito aparece uma curva azul ondulada, parecida com um gráfico de função que sobe e desce, e sobre ela há uma linha poligonal vermelha ligando alguns pontos característicos dessa curva. Essa figura lembra o contorno de uma função aproximada por segmentos de reta. No quadrante inferior esquerdo há uma figura geométrica preta parecida com uma esfera com um anel em volta, lembrando um planeta com anel. O contorno externo é uma elipse vertical e, cortando-a aproximadamente na metade, há outra elipse mais achatada na horizontal. Ainda no plano cartesiano, mas no quadrante inferior esquerdo próximo ao eixo y, existe um quadrado amarelo preenchido com uma malha de pontos, destacado por uma borda verde grossa. Na parte inferior central está escrito: “UFRJ 2023”. Fim da descrição.

Foram os seguintes os comandos utilizados

PT O O

EX O -10 O 10 1

```

EX  -10 0 10 0 1
RT  0 1 0 5
RT  1 1 1 5
RT  2 1 2 5
RT  7 -1 6 3
ST  6 -2 5 4
ST  5 4 8 10
RG  -5 -3 4 3
CI  -5 -6 2
EL  -5 -6 3 0.5
PO  1 -5 3 -2 5 -4 7 -4 9 -6 1 -5
PN  -2 4 1 -2 -1
TX  -19.6 9 Curso de Física I
TX  -19.6 8 Testes do Grafivox
TX  -3 -9.5 UFRJ – 2023

```

Nota: O gráfico de demonstração, apresentado anteriormente, pode ser gerado utilizando uma *função não documentada*, que é usada para manutenção do programa. Quando for pedida a opção do Grafivox, ao invés de responder uma letra do menu, pode-se teclar **control-d**, para produzir este gráfico.

5 – Dimensões do gráfico

Os gráficos são gerados segundo um procedimento em que se especificam dois valores para encaixe:

- o domínio – em que se informam as dimensões totais do gráfico a gerar, nas coordenadas em que ele é imaginado. Por padrão, o domínio é de -20 a 20 em x, e -20 a 20 em y.

Estes valores foram escolhidos, pois, nos testes realizados, atendiam a quase 100% das intenções. As exceções eram os gráficos relacionados a ângulos, em que o domínio era algo, por exemplo, 0 -2 360 2. Ou seja, os ângulos variando de 0 a 360 graus, relacionados a cálculo de funções cujo valor variava de -2 a 2.

6 – Operação tradicional

O uso comum do Grafivox é realizado através da função de edição (E). Nesta função se digita linha após linha os comandos do programa, usando as mesmas operações do editor de textos do DOSVOX.

- Digite normalmente como em qualquer editor
- Enter insere uma linha abaixo
- control-enter insere uma linha acima
- F7 para remover uma linha
- ESC para terminar e voltar ao menu principal do programa, onde provavelmente se irá visualizar o desenho teclando a letra V

Observação: Sugerimos que você experimente teclar as 6 primeiras linhas do demo do programa.

7 – Um exemplo prático, com geração interativa

Para o usuário iniciante é um pouco complicado decorar os comandos, por isso o Grafivox permite que a edição seja feita de forma interativa. Os comandos inseridos nesta opção são jogados ao fim da lista de comandos, como se tivessem sido digitados na opção de Edição (E).

Vamos experimentar usando os 4 primeiros comandos da demonstração, ou seja, vamos digitar interativamente os comandos.

```
PT  O O
EX  O -10  O 10  1
EX  -10 O  10 O  1
RT  O 1    O 5
```

No menu principal do Grafivox, selecionamos a opção de passo a passo interativo (teclando **P** ou usando as setas e apertando enter).

- Aparecerão as seguintes mensagens:

Passo a passo Interativo

Digite o comando: digite PT

- Aparecerá a mensagem

Ponto

Coordenadas: digite 0 0

- Aparecerão as seguintes mensagens:

Passo a passo Interativo

Digite o comando: aperte enter

Aparecerá uma tela em branco, com um ponto marcado no meio.

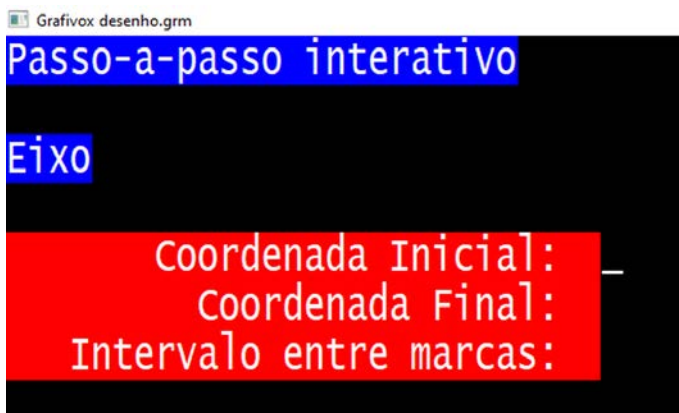
- Aparecerão as seguintes mensagens:

Passo a passo Interativo

Digite o comando: EX

Neste momento a tela estará com a seguinte apresentação:

Figura 8.21 – Tela Grafivox – modo interativo



Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 8.21: Tela Grafivox – modo interativo. Barra de título com o texto: "Grafivox desenho.grm". Na área da janela: "Passo-a-passo interativo"; "Eixo". Sobre um retângulo vermelho: "Coordenada Inicial:"; "Coordenada Final:"; "Intervalo entre marcas:". Fim da descrição.

Digite estes dados, apertando *Enter* ao fim de cada um deles:

0 -10

0 10

1

Aperte **ESC** para terminar o formulário e voltar ao programa.

Vamos ver como está ficando.

AGORA É CONTINUAR A TESTAR...

No próximo texto, aprenderemos um pouco mais sobre o sistema...

Desenho de poligonais, curvas e funções

Faremos a seguir um resumo das principais funções que tratam de vários dados, gerando curvas e outras figuras. Traçaremos eixos para melhorar a percepção do leitor.

1 – Parábola

No Grafivox, o arco de parábola exige três pontos para ser formado, sendo obtido por uma aproximação de Lagrange.

Figura 8.22 – Interação típica do Grafivox e resultado da execução



Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 8.22: Interação típica do Grafivox e resultado da execução. Tela de programa com fundo preto. Na parte superior está escrito em branco, sobre uma faixa azul: Passo-a-passo interativo. Logo abaixo, também em branco sobre faixa azul: Parábola. Mais embaixo há um retângulo grande vermelho. À esquerda desse retângulo, em texto branco grande, aparecem: "Ponto 1: "; "Ponto 2: "; "Ponto 3:". À direita, em texto amarelo grande, estão as coordenadas: "Ponto 1: -5 3"; "Ponto 2: 0 9"; "Ponto 3: 5 7". Ao lado da tela do programa, há a figura de um sistema de eixos cartesianos centrado na imagem, com um trecho de curva parabólica. Há um eixo horizontal (eixo x) e um eixo vertical (eixo y), ambos passando pelo centro. Sobre cada eixo há pequenas marcações igualmente espaçadas indicando unidades, mas não há números escritos. A curva é um arco voltado para baixo (côncavo para baixo), simétrico em relação ao

eixo y. O vértice da parábola está em algum ponto acima da origem, no eixo y. A curva mostrada é apenas a parte superior da parábola; ela começa à esquerda, sobe até o vértice no eixo y e desce para a direita, sem tocar o eixo x dentro da área visível. Fim da descrição.

Importante: para fechar o formulário de entrada de dados, deve-se apertar ESC.

2 – Leitura de dados

Nos comandos que fazem uso de parâmetros que representam um conjunto de pontos, pode-se substituir os pontos explícitos por um caractere asterisco (*).

Antes desses comandos serem utilizados, é necessário utilizar o comando de leitura de dados (LD), para trazê-los para a memória.

O comando LD tem apenas um parâmetro que é o nome do arquivo contendo a lista de dados.

Exemplo: LD dados.txt

Os dados externos são muito úteis para tratamento de informações provenientes de experimentos, geralmente colocados numa planilha ou num simples arquivo TXT.

3 – Poligonal (ou polígono)

Uma poligonal no Grafivox é obtida informando a lista de coordenadas dos vértices. Caso se deseje criar um polígono, deve-se acrescentar um ponto ao final idêntico ao inicial (acrescentando 1 ao número de vértices).

Exemplo: Um triângulo retângulo na origem

Figura 8.23 – Preenchimento de dados



Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 8.23: Preenchimento de dados. Tela de terminal em fundo preto, com textos em letras grandes. Na parte superior, em uma faixa azul, está escrito: "Passo-a-passo interativo". Logo abaixo, em outra faixa azul menor: "Polígono". Mais abaixo, em texto branco: "Quer utilizar dados lidos de arquivo? N". No centro para baixo da tela há um retângulo vermelho com texto em branco, que mostra: "Ponto 1: 0 0"; "Ponto 2: 10 0"; "Ponto 3: 0 5"; "Ponto 4: 0 0"; "Ponto 5:". Fim da descrição.

O resultado desta interação é o comando:

PO 0 0 10 0 0 5 0 0

Notas:

1 – O procedimento interativo permite até 5 vértices, mas esta não é a limitação do programa.

2 – A lista de vértices pode ser substituída por * caso esteja gravada em arquivo. Neste caso, preceder o comando por um comando LD.

4 – Curva

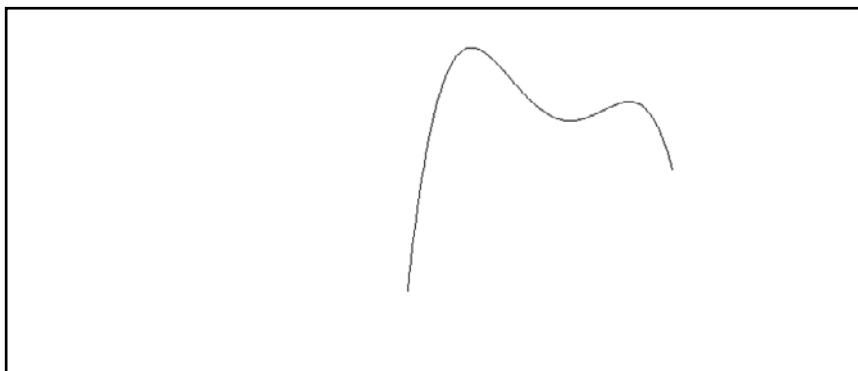
Uma curva no Grafivox é uma interpolação de Lagrange sobre um certo número de pontos. A função exige basicamente a lista de coordenadas destes pontos.

Exemplo: CV 1 -5 3 -2 5 -4 7 -4 9 -6 1 -5

Notas:

- 1- O procedimento interativo permite até 5 pontos, mas esta não é a limitação do programa.
- 2- A lista de pontos pode ser substituída por * caso esteja gravada em arquivo. Neste caso, preceder o comando por um comando LD.

Figura 8.24 – Traçado da curva



Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 8.24: Traçado da curva. Linha curva preta sobre fundo branco, formando dois pequenos morros. Detalhando: a linha começa na parte inferior esquerda da área visível, sobe de forma inclinada e íngreme até um pico alto perto do topo, depois desce suavemente formando uma curva, sobe um pouco de novo e termina descendo levemente para a direita, como o contorno de duas pequenas "ondinhas" consecutivas. Fim da descrição.

5 – Polinômio

O programa permite o traçado de polinômios até o 5º grau.

Deve-se fornecer:

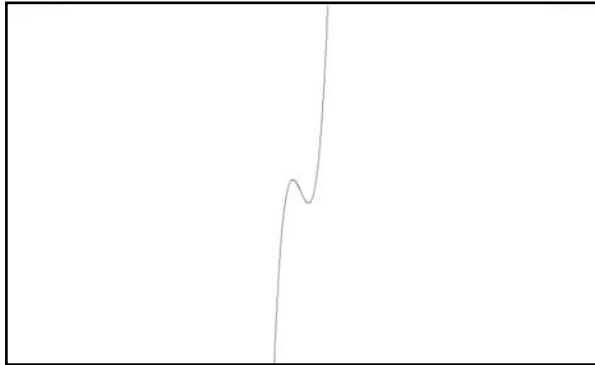
- O grau do polinômio
- Os coeficientes das potências de x (na ordem em que se escreve, ou seja, do índice de x maior para o menor).

Observação: Não se preenche os parâmetros para potências maiores que o grau do polinômio.

Exemplo: Plotar o polinômio de 3º grau $x^3 - 2x^2 + 2x + 3$ no intervalo de x entre -2 e 2:

PN 3 1 -2 2 3 -2 2

Figura 8.25 – Traçado do polígono do exemplo



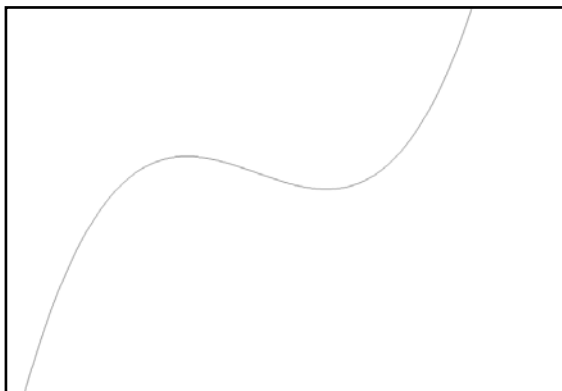
Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 8.25: Traçado do polígono do exemplo. Traçado de uma linha curva preta sobre fundo branco, formando um pequeno relevo assimétrico. A linha começa na parte inferior, próxima ao centro da imagem, sobe quase verticalmente, apresenta uma pequena ondulação na região central e, em seguida, volta a subir, seguindo quase verticalmente até o limite superior da área visível. Não há outros elementos visíveis. Fim da descrição.

Nota: pode-se expandir esta visualização, usando uma variação do domínio com x de -2.1 a 2.1 e y entre -10 e 10.

DM -2.1 2.1 -10 10

Figura 8.26 – Expansão do domínio de x e y , conforme exemplo.



Fonte: Cópia de tela.

Descrição da figura 8.26: Expansão do domínio de x e y , conforme exemplo. Linha preta fina em fundo totalmente branco. A linha começa na parte inferior central da tela, sobe quase reta, faz uma curva suave para a esquerda e depois para a direita, criando um pequeno “S” inclinado, e então continua subindo praticamente reta até próximo do topo da imagem. Fim da descrição.

Exercícios

1. De acordo com o capítulo, qual foi a pergunta instigante que o professor Leo Roberto Jensen trouxe ao laboratório TecnoAssist do NCE/UFRJ em 1998?

- A) “Um cego conseguiria programar computadores com a mesma eficiência que um vidente?”
- B) “Um cego conseguiria desenhar e ler um desenho já criado?”
- C) “Um cego conseguiria aprender cálculo diferencial e integral?”
- D) “Um cego conseguiria utilizar o sistema Dosvox sem ajuda de terceiros?”

2. O capítulo apresenta diferentes técnicas utilizadas por pessoas cegas para desenhar. Qual delas é descrita como a que mais interessa ao curso, por poder ser aprendida e ensinada sem a premissa da existência de talento, com ênfase no uso do computador?

- A) Desenho baseado em texturas e colagem de materiais.
 - B) Escultura em bronze e cerâmica.
 - C) Técnicas baseadas em matemática, contando, calculando e medindo distâncias.
 - D) Desenho com linha ou pontos usando barbante e carretilhas.
-

3. Grafivox é um programa que permite que pessoas com deficiência visual produzam desenhos de forma independente. Qual é a forma principal de criação de desenhos no Grafivox?

- A) Desenho a mão livre usando o *mouse* sobre uma grade tátil.
 - B) Comandos textuais compostos por um mnemônico de duas letras seguido por parâmetros (ex.: RT O O 20.6 15.2).
 - C) Importação automática de imagens digitalizadas por scanner.
 - D) Seleção de figuras prontas em uma biblioteca de *cliparts*.
-

4. No processo de ensino de desenho para pessoas cegas, o capítulo apresenta uma sequência didática de etapas. Qual das alternativas abaixo representa corretamente a ordem dessas etapas?

- A) Aprender coordenadas cartesianas → dominar ferramentas físicas → aprender conceitos de geometria → usar ferramentas computacionais.
 - B) Aprender conceitos de geometria → dominar ferramentas físicas → dominar coordenadas cartesianas → aprender ferramentas computacionais.
 - C) Dominar ferramentas computacionais → aprender conceitos de geometria → dominar coordenadas cartesianas → dominar ferramentas físicas.
 - D) Aprender ferramentas físicas → aprender coordenadas cartesianas → aprender conceitos de geometria → usar ferramentas computacionais.
-

Gabarito: 1 – B; 2 – C; 3 – B; 4 – B

Epílogo

Com agradecimentos

E assim termina o nosso pequeno livro...

Para nós, do Instituto Tércio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais da Universidade Federal do Rio de Janeiro – NCE/UFRJ, e para mim, José Antonio Borges, que fui o idealizador dos cursos de matemática para professores de deficientes visuais, ter completado este texto aqui é motivo de muito orgulho.

Este livro exhibe o conteúdo principal de um curso que foi criado com um objetivo ambicioso: mudar o patamar do ensino de Matemática para pessoas com deficiência visual no Brasil, com uso intensivo de tecnologia. Praticamente tudo aqui pode ser considerado como sendo uma grande amostra do que há de mais avançado neste país nesta linha de pesquisa ao fim de 2025.

Um número grande das ferramentas aqui apresentadas ganhou sua forma final durante este curso, tendo a maioria delas sofrido grandes adaptações e melhorias, numa atitude ousada de desenvolvimento que é a marca registrada dos projetos desenvolvidos na nossa instituição.

Presto aqui minha homenagem:

- À Profa. Angélica Fonseca da Silva Dias, atual diretora do NCE/UFRJ, grande amiga e parceira em muitos projetos associados à Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologia Assistiva, a maior responsável pelas inúmeras ações associadas à gerência deste projeto, envolvendo inúmeras dificuldades administrativas e burocráticas, que

tornam viável a realização dos cursos de EAD para o Ministério da Educação.

- Ao Prof. Oswaldo Vernet, um dos mais geniais programadores do Brasil, pelos desenvolvimentos da ferramenta SonoraMat, sem a qual este curso não teria existido;
- Ao prof. Julio Tadeu Carvalho da Silveira, grande artífice do Moodle, meu grande guru-amigo, que fez desse curso uma pérola de qualidade de implementação.
- À Profa. Marcia de Oliveira Cardoso, minha maior parceira de desenvolvimento que, com sua revisão cuidadosa e sugestões maravilhosas, aliadas a muitas noites de grande estresse provocado pela enorme complexidade deste projeto, tornou este material muito melhor do que era previsto.
- À querida Assessora de Comunicação Social, Ana Lucia Rodrigues, que com primor revisou e embelezou os textos deste curso.
- À Profa. Silvia Mendonça, que gerencia a complexa logística de produção do material e a equipe administrativa. Uma voz doce, de alguém que sabe fazer com que as coisas caminhem!
- À Profa. Maria de Fátima Silva Antunes, que com muita habilidade vem gerenciando os tutores e seus alunos.
- À profa. Regina Faustino, que comigo criou as primeiras versões do Brilendo para apoiar os fantásticos cursos de braille à distância que ela organizou no NCE/UFRJ.
- Ao Prof. Luigi Amorim, do Instituto Benjamin Constant, que deu uma contribuição de valor inestimável como autor dos textos relativos ao InterMat entre outros e que tem aplicado com grande sucesso nossas ferramentas a um grupo seletivo de alunos do IBC.
- Prof. Thiago Duarte, do Instituto Benjamin Constant, pelas grandes contribuições como autor dos textos relacionados ao uso e produção do braille.

- Ao programador Patrick Barboza da Silva, meu dedicado e competente estagiário com deficiência visual, grande especialista em Dos-vox, e que provocou a criação de muitas ferramentas para apoiar sua trajetória na UFRJ.
- Ao programador Lucas Fernandes Silva, atualmente meu superestagiário, com o agradecimento pela ajuda nas questões de instalação e funcionamento da impressora 3D.
- Ao grupo do Ambiente Virtual Acadêmico (AVA), capitaneado pelo Prof. Ricardo Caiado por todo apoio para que os grandes problemas técnicos fossem imediatamente solucionados.
- Ao maravilhoso grupo de tutores que tornaram a vida dos alunos mais fácil, ajudando-os a enfrentar as pedras e as pérolas que lhes foram entregues por nós.
- A cada aluno que, com uma postura gentil e colaborativa, teve a paciência de comentar, elogiar e criticar sempre com grande positividade cada detalhe dos textos e filmes.
- A todos os que não foram mencionados, mas que compartilharam conosco os momentos difíceis desta empreitada.

Sempre em primeiro plano, a homenagem do NCE/UFRJ à equipe da Diretoria de Políticas de Educação Especial na Perspectiva Inclusiva do MEC, e seu diretor Francisco Alexandre Dourado Mapurunga, com um agradecimento especial ao assistente técnico Rafael Silva Sanches pela imensa ajuda em questões de implantação e suporte técnico ao nosso projeto.

Este trabalho é dedicado àquela da qual tantas horas de convivência, sempre com muito amor e paciência, foram furtadas para que este momento chegasse, com triunfo, minha querida esposa Lenira Luna.

Este segundo volume dá continuidade ao trabalho iniciado no primeiro, aprofundando dois dos maiores desafios da educação matemática inclusiva: o domínio pleno da escrita matemática em Braille e a transposição da informação gráfica para o campo tátil e cognitivo.

A obra apresenta metodologias avançadas para o aprendizado do Braille por meio do Brailendo, explora a representação sistematizada de expressões no sistema Braille matemático e demonstra o uso integrado do Brailendo e do Braille Fácil na produção de materiais didáticos acessíveis. O leitor ainda é introduzido às possibilidades de conversão de notações AsciiMath para o Braille matemático, ampliando o repertório de ferramentas à disposição do educador.

Dedica-se especial atenção à adaptação, produção e reprodução de gráficos, desenhos e representações geométricas táteis — desde soluções artesanais até recursos especializados, como termoformadoras, impressoras Braille e papéis em relevo. São apresentados, ainda, os *softwares* Monet e Grafivox, acompanhados de uma metodologia para o desenvolvimento da capacidade de desenho em pessoas cegas. Mais que um inventário técnico, este volume propõe uma reflexão madura sobre os limites e as possibilidades de tornar o mundo gráfico efetivamente acessível a todos.



UFRJ
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO DE JANEIRO

MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO



encontrografia

encontrografia.com
www.facebook.com/Encontrografia-Editora
www.instagram.com/encontrografiaeditora
www.twitter.com/encontrografia