

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA E DE COMPUTAÇÃO

LORENA DEL CISNE LEÓN QUIÑONEZ

MATGRAFVOICE: SISTEMA DE TRATAMENTO
MATEMÁTICO E VISUALIZAÇÃO TÁTIL DE
FUNÇÕES MATEMÁTICAS ATRAVÉS DE UMA
IMPRESSORA BRAILLE

CAMPINAS
2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA E DE COMPUTAÇÃO

Departamento de Comunicações

Lorena León Quiñonez

MATGRAFVOICE: SISTEMA DE TRATAMENTO
MATEMÁTICO E VISUALIZAÇÃO TÁTIL DE
FUNÇÕES MATEMÁTICAS ATRAVÉS DE UMA
IMPRESSORA BRAILLE

Dissertação de mestrado apresentada à Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestra em Engenharia Elétrica. Área de concentração: Engenharia de Computação.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Cesar Martini

Este exemplar corresponde à versão final da tese defendida pelo aluno, e orientada pelo Prof. Dr. Luiz Cesar Martini

Campinas
2016

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): CNPq

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Elizangela Aparecida dos Santos Souza - CRB 8/8098

L533m León Quiñonez, Lorena Del Cisne, 1981-
MatGrafvoice : sistema de tratamento matemático e visualização tátil de funções matemáticas através de uma impressora Braille / Lorena Del Cisne León Quiñonez. – Campinas, SP : [s.n.], 2015.

Orientador: Luiz Cesar Martini.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação.

1. Deficiência visual. 2. Impressão em relevo. 3. Funções (Matemática). 4. Acessibilidade. I. Martini, Luiz Cesar, 1952-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: MatGrafvoice : mathematical Treatment System and Tactile Visualization of Mathematical Functions Through of a Braille Printer

Palavras-chave em inglês:

Visual impairment

Raised print

Mathematical (Functions)

Accessibility

Área de concentração: Engenharia de Computação

Titulação: Mestra em Engenharia Elétrica

Banca examinadora:

Luiz Cesar Martini [Orientador]

José Antonio Dos Santos Borges

Dalton Soares Arantes

Data de defesa: 10-12-2015

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Elétrica

COMISSÃO JULGADORA - DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Candidato: Lorena Del Cisne León Quiñonez RA: 144406

Data da Defesa: 10 de dezembro de 2015

Título da Tese: “MATGRAFVOICE: SISTEMA DE TRATAMENTO MATEMÁTICO E VISUALIZAÇÃO TÁTIL DE FUNÇÕES MATEMÁTICAS ATRAVÉS DE UMA IMPRESSORA BRAILLE”.

Prof. Dr. Luiz Cesar Martini (Presidente, FEEC/UNICAMP)

Prof. Dr. José Antonio Dos Santos Borges (Instituição)

Prof. Dr. Dalton Soares Arantes (FEEC/UNICAMP)

A data de defesa, com as respectivas assinaturas dos membros da Comissão Julgadora, encontra-se no processo de vida acadêmica do aluno.

DEDICO ESTE TRABALHO
A MEU MARIDO CARLOS CARRIÓN E À MINHA
FAMÍLIA.

Agradecimentos

Agradeço a Deus por me abençoar muito mais do que eu mereço. Agradeço porque, tomando minha vida em suas mãos, ele não fez o que eu queria, mas fez muito melhor.

A meu marido, por sempre ter estado presente e disponível para o bem e para o mal, para o sorriso e para a lágrima desde o primeiro dia que estamos juntos. À minha família, minha mãe e meu pai Mariela e Angel porque têm sido meu apoio o tempo todo. À minha cunhada Diana Carrión pelo apoio e ajuda brindada desde Equador.

Especialmente, agradeço a meu professor orientador, Dr. Luiz César Martini, por ser meu exemplo para seguir lutando e me superando. Eu agradeço sua paciência e constante assistência, compartilhando generosamente o seu tempo durante o desenvolvimento deste projeto.

Não me esqueço de agradecer aos colegas e amigos que foram como família, desde a minha chegada no Brasil: Sandra Neira León, Julio Larco e Paul Mejía. Agradeço a meus amigos do laboratório Julian Prada, Cristhian Moreno, Carolina Flores, Nathy Orozco, e Henry Carvajal, por serem parceiros de luta. A meus amigos Felipe e Nathy por sua amizade sincera e companhia nos tempos de Natal. Finalmente e não menos importante meu agradecimento sincero para o Alaelson e sua esposa Renata pela ajuda incondicional que tem nos brindado no curto tempo que nos conhecemos.

Também agradeço aos professores da FEEC que são uma parte essencial desta conquista. Agradeço igualmente o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), e finalmente, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), meu muito obrigada por todo apoio financeiro.

Resumo

Nesta dissertação de mestrado, desenvolveu-se uma ferramenta de informática, chamada de MatGrafvoice, para o tratamento de funções matemáticas, assim como a sua visualização tátil usando uma impressora Braille. Ela tem por finalidade facilitar o aprendizado e a interpretação de funções, por meio dos gráficos táteis gerados pelo usuário deficiente visual. Por outro lado, o aplicativo também vai auxiliar na comunicação escrita entre pessoas com deficiência visual alfabetizadas em Braille e pessoas sem deficiência que não conhecem o sistema Braille. As características do aplicativo, que visam a acessibilidade, como o sintetizador de fala, o editor de texto e menus interativos, foram desenvolvidas priorizando a pessoa com deficiência visual total, porém possui características, desenvolvidas baixo padrões de acessibilidade, permitem seu uso por pessoas com deficiência visual parcial ou ainda por pessoas que enxergam.

Palavras-chave: Acessibilidade, Matemática Inclusiva, Pessoas com Deficiência Visual, Funções Matemáticas, Impressão em Relevo, Braille.

Abstract

In this master thesis, has been developed a software tool called MatGrafvoice for the treatment of mathematical functions, as well as its tactile visualization via a Braille printer. The tool is designed to facilitate learning and interpretation of functions, through the tactile figures generated in the software by the visually impaired user. On the other hand, this software will also allow a written communication among visually impaired people with Braille skills, people without any visual problem, and people who has no experience in Braille. The accessible features of the application such as speech synthesizer, text editor and interactive menus have been developed giving priority to the person with full visual impairments, but this software developed under standards for blind people, allows its use by people with partial visual impairment or even by people without any disability at all.

Key-words: Accessibility, Inclusive Mathematics, Visually Impaired People, Math Functions, Relief Printing, Braille.

“As Mulheres que procuram ser iguais aos Homens têm falta de ambição”.

- Timothy Leary -

Lista de Figuras

2.1	Representação da célula que compõe o sistema Braille	25
2.2	Gráfico de uma Função Constante da forma $f(x) = 3$	32
2.3	Gráfico de uma Função Linear da forma $f(x) = 2x-1$	33
2.4	Gráfico de uma Função Quadrática da forma $f(x) = 3x^2-4x+1$	33
2.5	Gráfico de uma Função Potencia da forma $f(x) = x^2$	34
2.6	Gráfico de uma Função Raiz da forma $\sqrt[2]{2x+4}$	34
2.7	Gráfico de uma Função Trigonométrica da forma $\cos(x)$	35
2.8	Gráfico de uma Função Logarítmica da forma $\log_5(x+3)$	35
3.1	Módulos de composição do Sistema de tratamento de funções matemáticas..	37
3.2	Representação do gráfico da função $\cos(x)$ na Área de desenho.	39
3.3	Diagrama de estados do Processo de TMFM do sistema MatGrafvoice	40
3.4	Diagrama de atividades contendo os passos para inserir uma função matemática	41
3.5	Diagrama de estados do Processo de análise sintático	42
3.6	Área de trabalho do sistema MatGrafVoice	47
4.1	Estrutura do sistema MatGrafvoice	48
4.2	Estrutura geral de um algoritmo no MatGrafvoice	49
4.3	Modelo View ViewModel MVVM	50
4.4	Estrutura de arquivos FONTE do MatGrafVoice.	51
4.5	Envio de informações ao Parser Braille Tradutor	53
4.6	Módulo Parsing Tradutor Braille	54
5.1	Tela de Boas vindas	58
5.2	Tela Inicial	58
5.3	Opções do Menu Principal	59
5.4	Área de trabalho do MatGrafvoice	60
5.5	Comandos de processos do programa MatGrafvoice.	61
5.6	Processo de tratamento matemático do sistema MatGrafvoice.	62
5.7	Mensagem de execução correta.	63
5.8	Mensagem de aletta.	63
5.9	Mensagem de erro.	63

5.10 Mensagem de decisão.	64
6.1 Representação de duas funções exponenciais na área de trabalho	66
6.2 Representação em relevo de duas funções exponenciais	67
6.3 Representação da função afim na área de trabalho	68
6.4 Representação em relevo da função afim	68
6.5 Representação da função cosseno na área de trabalho	69
6.6 Representação em relevo da função cosseno	69
6.7 Representação da função logarítmica na área de trabalho	70
6.8 Representação em relevo da função logarítmica	70
6.9 Texto do conteúdo do editor de texto	71
6.10 Transcrição Braille	71

Lista de Tabelas

2.1	Simbologia Braille baseada na Grafia Braille da Língua Portuguesa	25
2.2	Operadores fundamentais de soma, subtração, multiplicação e divisão em Braille.	28
2.3	Exemplo de função	31
3.1	Ações do sistema MatGrafvoice	38
3.2	Comandos do sistema MatGrafvoice	40
3.3	Funções matemáticas predefinidas do sistema MatGrafvoice	42
3.4	Valores da função (3.1) impressos no editor de texto.	46
6.1	Representações de função exponencial	66
6.2	Representações de função afim	67
6.3	Representações da função cosseno	68
6.4	Representações da função logarítmica	69

Sumário

1	Introdução	15
2	Revisão Bibliográfica.	19
2.1	Análises de software matemático para Deficientes Visuais	19
2.2	Ensino de matemática para alunos com deficiência visual	22
2.3	Abordagens da matemática acessível	23
2.3.1	Abordagens estáticas	24
2.3.1.1	Sistema Braille	24
2.3.1.2	Observações e algumas normas de aplicação.	25
2.3.1.3	Código Braille de Matemática.	27
2.3.2	Abordagens Dinâmicas	30
2.4	Conceitos básicos de funções Matemáticas	31
2.4.1	Tipos de função	32
2.4.1.1	Função Constante	32
2.4.1.2	Função Linear	32
2.4.1.3	Função Quadrática	33
2.4.1.4	Função Potência	34
2.4.1.5	Função Raiz Quadrada	34
2.4.1.6	Funções Trigonômicas	34
2.4.1.7	Funções Logarítmicas	35
3	Descrição do Sistema.	36
3.1	Editor de Texto.	37
3.2	Área de Desenho.	38
3.3	Processos	39
3.4	Processos do tratamento matemático de funções matemáticas	40
3.4.1	Inserir funções matemáticas no editor de texto.	41
3.4.1.1	Inserir nome e variável da função Matemática.	41
3.4.1.2	Inserir função.	41
3.4.1.3	Inserir limites inferior e superior.	44
3.4.1.4	Inserir Incremento.	45
3.4.2	Processo de análise da função matemática.	45
3.4.3	Processo de desenho do gráfico da função matemática	46

3.4.4	Processo de impressão	47
4	Construção do MatGrafvoice.	48
4.1	Estrutura do sistema	48
4.2	Uso de um editor de texto para o TMFM	48
4.3	Software de desenvolvimento	50
4.4	Estrutura de arquivos fonte do MatGrafVoice	51
4.5	Parsing e Traductor Braille	53
5	Desenho da interface gráfica.	55
5.1	Especificações de usabilidade	55
5.2	Considerações Gerais	55
5.3	Elementos visuais da interface de usuário	58
5.3.1	Tela de boas vindas e tela inicial	58
5.3.2	Tela de Menu Principal	59
5.3.3	Tela de Área de trabalho	60
5.3.4	Telas para o Processo de tratamento Matemático	61
5.3.5	Tipos de mensagens no sistema.	63
6	Resultados de impressão Braille	65
6.1	Gráficos táteis	65
6.2	Apresentação de resultados gráficos	65
6.2.1	Gráfico da função exponencial	66
6.2.2	Gráfico da função afim	67
6.2.3	Gráfico da função trigonométrica	68
6.2.4	Gráfico da função logarítmica	69
6.3	Apresentação de resultados do editor de texto	70
7	Conclusões e trabalhos futuros	72
7.1	Conclusões	72
7.2	Trabalhos futuros	73
	Referências Bibliográficas	74
A	Anexos	78

Capítulo 1

Introdução

No campo educacional, o desenvolvimento de ferramentas computacionais tem nos ajudado na realização de algumas atividades diárias de uma forma mais independente, seja com o uso de interfaces padronizadas ou por meio do uso de ferramentas assistivas que podem ser configuradas no computador [1].

Essas mesmas ferramentas, muitas vezes, tornam-se uma barreira de comunicação para as pessoas com DV (deficiência visual) como exemplo, pode-se citar a interpretação do gráfico de uma função matemática, que pode ser visualizada de maneira simples em um *software* matemático, mas, os sistemas não foram desenvolvidos com a independência e autonomia que as pessoas com deficiência visual precisam.

No contexto sobre o ensino de matemática para alunos com DV, deve-se considerar as adaptações necessárias para que as representações gráficas e recursos didáticos sejam realizadas por todos os educandos, em iguais condições de aprendizado, com ou sem DV. [2].

O Ministério da Educação do Brasil desde o ano 2001, estabelece uma legislação para que as pessoas com alguma deficiência tenham o direito à educação inclusiva, criando-se iguais oportunidades de acesso ao conhecimento, ao desenvolvimento e à inclusão na sociedade [3, 4]. No entanto, na prática, ainda há carência de sistemas e métodos que garantam o acesso adequado ao conhecimento. Isso faz com que tais pessoas sejam incapazes de aprender pelo sistema de educação tradicional, sendo excluídos como público de caridade e assistência social e não como cidadão com direitos e deveres [5].

No entanto, essas pessoas com deficiência visual podem desenvolver outras habilidades sensoriais [6]. Eles podem interpretar os conceitos espaciais, geométricos e matemáticos a partir de experiências táteis e auditivas, podendo desempenhar papéis insubstituíveis e não intercambiáveis entre si. Isso permite ao DV descobrir relações e desenvolver o senso espacial, construindo, desenhando, medindo, visualizando, comparando, transformando e classificando gráficos [7]. Assim, a falta de visão não fecha as portas para o aprendizado de matemática.

O obstáculo não está na natureza das ideias, mas sim, nos recursos limitados que a pessoa com deficiência visual dispõe. Precisa-se de um esforço tecnológico que diminua distâncias e permita disponibilizar os meios que interpretam a linguagem gráfica para favorecer a investigação matemática. Portanto, as novas ferramentas tecnológicas devem se desenvolver para apoiar o trabalho em conjunto e colaborativo entre as pessoas com e sem deficiência visual, para que o aluno cego seja incluso num ambiente de ensino tradicional e possa ser capaz de interagir com o professor e com seus colegas que enxergam [8].

Na literatura encontrada, e que se refere ao ensino de matemática, verificou-se que algumas das ferramentas não atingem o completo grau de acessibilidade. Os usuários apenas se limitam a interagir com o computador por meio do teclado e do sintetizador de fala, sendo, portanto, necessárias outras adaptações que ajudem à pessoa com DV acessar às diversas formas de representação dos conteúdos matemáticos. Assim, objetiva-se referenciar ao recurso tátil e ao sistema Braille como os métodos de aprendizagem de matemática para alunos com DV [9].

Tradicionalmente, o conteúdo matemático é rico em conceitos e informações transmitidas de forma visual. Mas isso, não é impedimento para que a pessoa com DV torne-se um matemático de sucesso. Entretanto a carência de ferramentas computacionais com recursos de acessibilidade limitam o crescimento profissional na área das ciências matemáticas e a sua integração com a sociedade [10].

Tendo em mente os pontos anteriormente mencionados, este trabalho tem como objetivo entregar um programa computacional nomeado MatGrafvoice, que se concentra no tratamento matemático de gráficos de funções matemáticas (lineares, quadráticas, raiz quadrada, potencia, logarítmicas e trigonométricas). O aplicativo interpreta graficamente uma ou mais funções matemáticas inseridas pelo usuário em um editor de texto. Uma vez validados e interpretados os dados pelo sistema, o usuário poderá imprimir o gráfico para completar seus estudos de matemática usando uma impressão tátil, permitindo que ele próprio experimente os desenhos e aprenda suas relações. Além disso, o usuário estabelecerá uma melhor comunicação com a pessoa que enxerga e que se dedica ao ensino da matemática, facilitando sua aprendizagem e fomentando a inclusão.

Com base no objetivo exposto, este trabalho expõe um sistema computacional inédito com características em prol da acessibilidade, de forma que um usuário com total deficiência visual possa interagir com o computador e o teclado para receber instruções em forma de áudio durante todo o processo de tratamento de funções matemáticas.

Finalmente, a representação gráfica das funções pode ser impressa para sua interpretação tátil. Além disso, é possível imprimir o conteúdo do editor de texto na sua representação Braille baseada na Grafia da Língua Portuguesa [11].

Estrutura da Dissertação

Este trabalho está organizado da seguinte maneira: No capítulo 2, é apresentada um resumo das soluções tecnológicas assistivas, relacionadas ao ensino de matemática dentro e fora do Brasil. Descreve-se as dificuldades que o DV têm para o aprendizado devido à falta de recursos e ferramentas de apoio adequados a suas necessidades. Uma descrição das abordagens estáticas e dinâmicas na matemática acessível é mostrada tais como soluções para criar o sistema de tratamento matemático. Finalmente exibe-se os conceitos básicos dos tipos de funções matemáticas que são suportadas pelo sistema.

No capítulo 3, apresenta-se a metodologia de desenvolvimento e a descrição dos processos do sistema MatGravoice para o tratamento de funções matemáticas.

No capítulo 4, apresenta-se a parte técnica do processo de desenvolvimento e implementação de MatGravoice.

No capítulo 5, apresenta-se as características acessíveis baseadas nas considerações de Benyon [12] junto com a descrição da interface gráfica do sistema.

No capítulo 6, são apresentados os resultados obtidos, da geração dos gráficos das funções matemáticas, que foram impressos numa impressora Braille Tiger SpotDot para sua representação tátil e Braille. Finalmente, no capítulo 7, tem-se as conclusões e os trabalhos futuros deste trabalho.

Trabalhos Publicados

Esta pesquisa publicou alguns trabalhos, apontando e discutindo o desenvolvimento do MatGravoice. A seguir são listadas em ordem cronológica as referências destes trabalhos.

Artigos completos publicados em anais de congressos:

- León Q, L. C. Martini. “Tratamento matemático e visualização tátil de funções matemáticas através de uma impressora Braille”, XVII Encontro Nacional de usuários de Dosvox. XVII Encontro Nacional de usuários de Dosvox, Novembro, Manaus, Brasil, 2014.
- L. León Q, L. C. Martini, C. Moreno-Chaparro. “Mathematical Functions Treatment and Visualization through Braille Impression Focus in Education for People with Visual Impairment”. Society and Information Technologies: ICSIT, Orlando, Florida, USA, 2015.

- L. León Q, L. C. Martini. “Education and Social inclusion of People with Visual Impairment in the Study of Mathematical Functions”. CSR 2015 : 3rd International Conference on CSR and Sustainable Development, India, Dubai, 2015.
- L. León Q, L. C. Martini. “Tools for Teaching Mathematical Functions and Geometric Figures to Tactile Visualization through a Braille Printer for Visual Impairment People”. Society and Information Technologies: ICSIT, Orlando, Florida, USA, 2016.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica.

Este capítulo revisa a literatura relacionada às soluções tecnológicas assistivas a fim de definir alguns conceitos e técnicas que serão usados para o desenvolvimento do aplicativo proposto nesta dissertação.

Segundo Shimazaki [13], um aluno com DV pode ser capaz de construir e apresentar evolução em conceitos matemáticos do ensino médio, tais como: multiplicação, soma de parcelas, noção de área como medida, escalas, propriedade comutativa da adição, multiplicação e propriedade distributiva na multiplicação de polinômios, até a articulação da geometria com variáveis algébricas, fornecendo assim a inferência ao raciocínio abstrato, fundamental em Matemática.

2.1 Análises de software matemático para Deficientes Visuais

Durante as últimas três décadas, o *boom* da tecnologia e o crescimento da Internet têm produzido muitas de ferramentas avançadas que fornecem o acesso a ambientes de aprendizagem, como as ciências em geral. Entre elas, aquelas que visam o estudo da matemática para as pessoas com DV, o que permite a execução de tarefas diárias no mundo do trabalho.

O Núcleo de Computação Eletrônica da UFRJ foi o pioneiro no Brasil com o desenvolvimento do sistema Dosvox, que executa tarefas como edição e leitura de textos, impressão em Braille, calculadora, agenda falada e jogos. Um sintetizador de som de baixo custo dá assistência ao usuário com DV nas tarefas cotidianas no trabalho e na comunicação diária. Os principais serviços que o sistema Dosvox oferece são:[14]

- Manipulação de arquivos e diretórios: O usuário é capaz de manipular arquivos tanto no disco rígido quanto em unidades removíveis. Cria e importa arquivos no editor de texto, além de imprimir, remover e renomear.
- Jogos: Utilizados para o entretenimento do usuário, mas também ajudam no aprendizado, despertando a criatividade. Os jogos podem ser usados por pessoas com ou sem deficiência visual.

- Utilitários: São aplicações integradas ao Dosvox a fim de facilitar as tarefas cotidianas. Alguns deles são: Manual de Instruções, calculadora, agenda, emissor de cheques, editor simplificado, verificador de falhas do disco, desenhador, fichário de arquivos, utilitários de matemáticas.
- Multimídia: Conjunto de aplicativos multimídias como controle do volume, gravador de som, transcritor de trilha de CD, conversor de formato de sons, juntador de arquivos WAV, e configurador de fala.
- Internet: Possui alguns utilitários de acesso à internet que facilitam enviar, receber e-mails e se conectar às redes sociais.

Atualmente, o sistema Dosvox é um dos sistemas mais utilizados no Brasil por pessoas com deficiência visual, com aproximadamente 60 000 usuários que se beneficiam desta tecnologia [15]. Pelo fato de estar disponível em código aberto, tem chamado a atenção de outros pesquisadores colaboradores do projeto para criar outros aplicativos integrados que ajudem no ensino de ciências [16, 17, 18].

O *software* Braille Fácil interpreta texto em linguagem natural para sistema Braille, tendo como resultado um texto transcrito que pode ser enviado para uma impressora de pontos em alto relevo [19]. Além disso, composto de editores de texto, gráficos táteis, e um simulador de teclado Braille para edição de caracteres especiais como símbolos matemáticos ou musicais.

Matvox, desenvolvido por Prada et al. [16], é um aplicativo matemático que aproveita as características da interface do Dosvox como o editor de texto Edivox e o sintetizador de fala. O uso de menus interativos e comandos de execução, ajuda a desenvolver e interpretar algoritmos e cálculos matemáticos no editor de texto. O sistema de fala integrado, permite verificar a estrutura das sentenças de um algoritmo, possibilitando ao deficiente visual identificar os possíveis erros de escrita de código. Foi desenvolvida uma linguagem de programação própria com regras de escrita pouco rigorosas para diminuir significativamente a geração de erros no desenvolvimento dos algoritmos, incluindo instruções e funções com características similares às linguagens de programação tradicionais. O Matvox se encontra disponível gratuitamente e ajuda no estudo e desenvolvimento de trabalhos nas áreas das ciências exatas para pessoas com DV.

Mejia et al.[17], desenvolveu a calculadora financeira Finanvox. Esta ferramenta é inspirada no funcionamento geral da calculadora HP12C, que permite à pessoa com DV executar tarefas de cálculos estadísticos e funções destinadas ao âmbito financeiro. Entre suas principais funcionalidades encontramos executar cálculos de amortização, juros simples e compostos, taxas de juros, análise de fluxo de caixa, depreciação, entre outras. A ferramenta tem como objetivo ajudar ao aluno DV no estudo de matemática financeira.

Tabares et al. [18], criou uma metodologia de ensino reproduzida no MiniMatecaVox, que foi desenvolvido atingindo um alto grau de acessibilidade, aceitabilidade e usabilidade para o ensino de matemática para crianças com DV do primeiro ano do ensino fundamental. O alvo principal foi dar acesso às informações matemáticas e estimular o ensino matemático para fornecer igualdade de conhecimentos com as crianças que enxergam. Outro objetivo do aplicativo é fornecê-lo nas escolas públicas do Brasil.

Independente de Dosvox, e inspirado em trabalhos anteriores [16, 17, 18]. Moreno Ch et al.[20] desenvolveu um programa para o tratamento e geração de figuras geométricas com o auxílio de uma impressora Braille. Os resultados apresentam-se por meio de uma descrição tátil para que a pessoa com DV possa completar sua compressão da geometria, localizando, sentindo e identificando pelo tato o formato do desenho. Atualmente, o programa se encontra disponível de forma gratuita.

Nazemi et al. [21], desenvolveram um aplicativo para fornecer fórmulas matemáticas acessíveis, com a tentativa de preservar a informação conceitual de fórmulas e descartar a descrição visual. O sistema Mathspeak pode ler arquivos de texto com conteúdo matemático, e.g. expressões matemáticas para ser traduzidas a uma linguagem de marcação de texto MathML. O sistema reconhece e interpreta os símbolos para que sejam representados em um formato de áudio, fornecendo ao DV uma leitura completa capaz de navegar por diferentes seções de uma fórmula matemática.

MathTrax é um *software* desenvolvido pela NASA [22], capaz de gerar representações gráficas de funções matemáticas e estudar as características das mesmas por meio do som (monotonia, símbolos da função, entre outros). Além disso, o programa possui uma tela acessível para ler as descrições da função, usando leitores de tela como o software JAWS. Pode se encontrar de forma gratuita, mas não tem suporte desde o ano 2010.

O grupo de pesquisa do Indian Institute of Technology Delhi [23] apresentou o projeto e implementação de Edutactile, uma plataforma de *software* que automatiza o processo de criação de diagramas tácteis. O aplicativo prevê a aplicação automatizada das diretrizes, bem como a tradução Braille, ajudando os professores de pessoas com DV na criação de gráficos tácteis que, depois de sua impressão, sejam entregues aos alunos. Três módulos foram incorporados ao sistema: um conversor de imagens que automatiza a tradução de uma figura de algum livro-texto em sua versão tátil com descrições acessíveis, possui um módulo conversor de equações e símbolos químicos ao formato tátil e um módulo conversor de funções matemáticas que fornece a análise e plotagem de funções complexas.

2.2 Ensino de matemática para alunos com deficiência visual

Existem documentos produzidos pelo Ministério da Educação (MEC) [24] que garantem o ensino e prática da inclusão para pessoas com DV, mas não fornecem o uso de boas práticas de ensino para pessoas com deficiência, o que faz com que muitos centros de estudos ou professores de matemáticas criem suas próprias metodologias. Na realidade, isso acontece porque não existem recursos, nem ferramentas que possam auxiliar os processos de ensino e aprendizagem. No entanto, precisa-se de recursos adequados às necessidades do aluno DV de acordo com as especificidades da deficiência visual que este apresenta [9].

Durante a busca de fundamentação teórica desta pesquisa, no Brasil, constatou-se a falta de publicações sobre os métodos de ensino ao DV, e falta de fundamentos teóricos metodológicos na formação de professores no ensino da matemática ao DV.

Os requisitos e dificuldades do aluno DV não são discutidos ou estudados nos cursos de formação de professores, nem nos programas de formação continuada ofertados pelas secretarias de educação, sendo isto importante para a construção de uma prática pedagógica que possibilite desenvolver o potencial do aluno DV [25].

A matemática tem o estigma de ser uma disciplina difícil de aprender. E muitos não sabemos como a pessoa DV pode aprender os conceitos da mesma, e supomos que para esta pessoa o aprendizado é ainda mais difícil.

A cegueira não impede o aluno de ter uma boa capacidade cognitiva para o aprendizado da matemática igual aos alunos que enxergam. Portanto, é necessário dar a este aluno a oportunidade de aprender e se incluir nos sistemas de ensino regular, fornecendo os métodos e ferramentas tecnológicas adequadas para seu desenvolvimento [26].

A formulação dos conceitos da pessoa DV depende da origem da perda da visão, isto é, se a pessoa é cega de nascença ou se a cegueira foi adquirida por algum motivo natural ou acidental. Estes fatores devem ser considerados pelo professor pois a memória visual vai se perdendo com o avanço da idade e, no caso da cegueira congênita, as imagens mentais vão se formando a partir das informações armazenadas no cérebro por meio do tato [27]. Para as pessoas cegas de nascença, outros sentidos se desenvolvem, mas não vão suprir a noção, por exemplo, de movimento ou de cor. Para a pessoa DV, reconhecer a forma de certo objeto é mais fácil pelo tato, mas, por outro lado, ele nunca vai poder ver o voo de um pássaro e seu conceito tem que ser adquirido a partir de explicações e descrições, complementando sua descrição tátil. No caso da pessoa que enxergava e ficou cega, pode evocar à lembrança de imagens, facilitando muito o aprendizado de conceitos, propriedades, noção de espaço, perspectiva, ângulos, entre outros [28].

Portanto, o professor de matemática deve considerar essas diferenças de conceito, e colocando-se no lugar e condição do DV, perceber suas necessidades para criar uma adequada metodologia de ensino para o aluno DV [9].

Viviane De Fátima et al. [25] sugere que deve existir uma verdadeira política de incentivo para capacitação de professores de matemática. Pois a falta desta pode fazer com que ao se deparar com alunos DV, improvisem suas próprias metodologias de ensino, o que pode não contribuir para o desenvolvimento da capacidade cognitiva do aluno, ou até deixem mesmo de lado os conteúdos importantes achando que o aluno não tem a capacidade de aprendê-los. Uma boa capacitação ajuda ao professor a entender e praticar os conceitos sobre a educação de um aluno com DV, pois estes conhecimentos terão grande influência no processo de ensino e aprendizado.

A American Mathematical Society (AMS) [28] sugere alguns pontos que o professor deve levar em conta durante seus procedimentos em sala de aula, como: (i) Expressar verbalmente, da melhor forma possível, o que estiver sendo representado num conceito matemático; (ii) Certificar-se que o aluno acompanhe a problematização e efetue seu próprio raciocínio; (iii) Dar tempo necessário para que o aluno esclare suas dúvidas, hipóteses de resolução de problemas e demonstração do raciocínio elaborado, fazendo com que as tarefas escolares sejam feitas em aula e não enviadas para casa; (iv) Procurar recursos acessíveis para o ensino, a fim de evitar lacunas no processo de aprendizagem da Matemática.

Nos estabelecimentos de ensino, é necessário possibilitar, aos atuais e futuros professores de matemática, conhecimentos a respeito destas questões para que possam desenvolver um trabalho pedagógico que ajude a aprendizagem de todos os alunos.

O aplicativo proposto **MatGraforce** poderá ajudar na inclusão do aluno DV no ensino regular, dando às escolas e professores uma ferramenta computacional de suporte ao processo de aprendizado.

2.3 Abordagens da matemática acessível

O objetivo da matemática acessível é fazer o possível para que todo o conteúdo matemático seja acessível. O ideal seria que, não só que as expressões matemáticas individuais fossem acessíveis, mas também sequências de expressões e suas descrições nos documentos de texto. As abordagens para tornar a Matemática acessível podem ser classificadas em dois tipos segundo Karshmer et al. [29]:

- Estáticas: o conteúdo é estaticamente convertido no sistema de leitura Braille e pode ser reproduzido em dispositivos como tablets Braille e outros dispositivos táteis, ou podem se ser impresso em papel Braille. Nesta abordagem, o documento é visualizado como uma entidade passiva (similar a um documento impresso apresentado a uma pessoa que enxerga), enquanto que, o componente ativo está representado pelo usuário, que utiliza um dispositivo de ajuda, Ex.: uma linha braille para se movimentar no documento, vá lindo umas partes e emitindo outras, se deslizando para acima ou para abaixo.
- Dinâmicas: o conteúdo é apresentado em uma forma interativa dinâmica.

Esta abordagem requer um processo de conversão automático que permite ao usuário navegar pelo conteúdo de acordo com a sua estrutura matemática. Neste caso, o documento torna-se num componente ativo, pela transformação automática do documento. Sua estrutura semântica está exposta, e a sobrecarga de informação sobre o usuário é reduzida.

Em resumo, as abordagens estáticas criam expressões e conceitos matemáticos em Braille, enquanto abordagens dinâmicas usam, por exemplo, assistentes de áudio, sendo que esses podem ser usados em conjunto com outras técnicas tradicionais. É importante notar que as duas abordagens são complementares um à outra.

A capacidade de ler e escrever é muito importante para as pessoas DV (além de ser capaz de ouvir), mas a capacidade de escrever usando códigos baseados em Braille é igualmente importante [30].

2.3.1 Abordagens estáticas

Nas abordagens estáticas, tem se desenvolvido notações especiais para a matemática. Estes códigos de matemática têm como alvo a tentativa de apresentar expressões matemáticas de forma, que as pessoas com DV possam entender suas descrições usando o tato. No, Brasil é usado o Código Matemático Unificado para a Língua Portuguesa [31], cujo sistema possibilita, da mesma forma que o sistema a tinta, o registro escrito dos conhecimentos científicos matemáticos em todos os níveis de ensino, inclusive do ensino superior.

As notações matemáticas baseadas em Braille constituem uma língua para os alunos com DV, que, conseqüentemente, devem ser aprendidas pelos alunos e por professores. Esse aprendizado deve ser supervisionado por professores, que também precisam de ter conhecimentos da notação Braille [32]. Mas, no caso do Brasil, há uma escassez de professores de matemática inclusiva e poucos têm noções básicas sobre o Braille. Com a ampla aceitação da “integração” e o desaparecimento de centros de educação especial, o problema tornou-se ainda mais difícil. Isso ocorre porque um professor de matemática em uma escola ou faculdade tradicional pode se deparar apenas com poucos alunos DV. Isso tem como consequência, com o passar do tempo, o professor perder o incentivo a aprender os códigos de matemática. [33]. De acordo com a A AMS, deveria se aumentar os investimentos nos processos de capacitação para contribuir com as práticas educacionais, reorientando assim os processos de formação de professores [28].

2.3.1.1 Sistema Braille

O sistema Braille é nomeado pelo sobrenome de seu inventor Louis Braille, em 1929 na França. Anos depois, o jovem cego José Álvares de Azevedo trouxe o sistema para o Brasil, sendo o primeiro país de América Latina a adotá-lo desde o ano 1854 [11].

A escrita Braille e o uso de símbolos que são utilizados neste trabalho, baseiam-se no Código Braille na Grafia da Língua Portuguesa que é um documento oficial normalizador

e de consulta, especialmente destinado a professores, revisores, usuários do sistema Braille, e dentre outros profissionais [11].

Na Figura 2.1, mostra-se os símbolos que compõem o sistema Braille [34] e que estão baseados na combinação de seis pontos escritos da esquerda para a direita, dispostos em uma matriz (3x2). O resultado da combinação é expresso em 63 combinações e 64 símbolos diferentes, incluindo a célula em branco, considerada como mais um símbolo Braille.

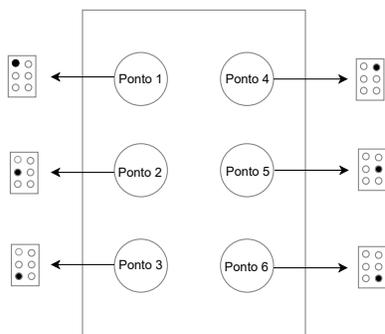


Figura 2.1: Representação da célula que compõe o sistema Braille

Na Tabela 2.1, apresentam-se os principais sinais, caracteres ou números em sua ilustração Braille em tinta e que serão utilizados na escrita do conteúdo em um editor de texto para serem enviados para impressão.

Alfabeto														
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	l	m	n	o	p
⠁	⠃	⠉	⠑	⠑	⠋	⠗	⠒	⠑	⠗	⠇	⠍	⠏	⠕	⠋
q	r	s	t	u	v	x	y	z	ç					
⠑	⠗	⠎	⠞	⠥	⠧	⠭	⠮	⠮	⠞					
Acentos agudo, grave e circunflexo														
á	é	í	ó	ú		à		â	ê	ô				
⠁	⠃	⠉	⠑	⠑		⠁		⠃	⠑	⠑				
Til e trema														
ã	õ		ï											
⠁	⠏		⠥											
Puntução e Sinais Acessórios														
,	;	:	?	!	-	•	()	[]	“	»	*	&
⠂	⠆	⠒	⠏	⠏	⠒	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠
/		←	→											
⠂	⠂	⠠	⠠											
Sinais usados com numeros														
€	\$	%	+	-	×	÷	=	<	>					
⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠					
Números														
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9					
⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠					

Tabela 2.1: Simbologia Braille baseada na Grafia Braille da Língua Portuguesa

2.3.1.2 Observações e algumas normas de aplicação.

No código Braille da Língua Portuguesa, empregam-se algumas normas baseadas nos preceitos da ortografia oficial. A seguir se descrevem algumas observações e normas

importantes usadas no sistema MatGrafVoice.

- **Sinal de letra maiúscula:** Representada pelo sinal $\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}}$, aplica-se no início dos seguintes casos:

No início de uma letra maiúscula. Exemplo:

$\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} (F)$

Para indicar que uma palavra inicia com letra maiúscula. Exemplo:

$\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} (Função)$

Para indicar que todas as letras de uma palavra são maiúsculas, o sinal $\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}}$ antecede-se duas vezes. Exemplo:

$\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} (FUNÇÃO)$

- **Números inteiros:** Utiliza-se o sinal $\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}}$, para representar os números de *um a zero*, aplicado no início dos seguintes casos:

No início de um número. Exemplo:

$\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} (1)$

$\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} (2)$

No início de um conjunto de números inteiros. Exemplo:

$\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} (1520)$

$\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} (543)$

- **Números decimais:** O sinal $\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}}$ representa a vírgula e o sinal $\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}}$ representa o ponto. Os dois sinais podem ser usados para representar a parte inteira da parte decimal. Lembre-se que, neste tipo de números, também usa-se o sinal $\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}}$, mas só no início. Exemplo:

$\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} (0,65)$

$\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} (4,5)$

$\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} (364.20)$

$\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} (6.3)$

- **Números negativos:** Utiliza-se o sinal $\ddot{\cdot}$ para representar os números *negativos*. Exemplo.

$$\begin{array}{l} \ddot{\cdot} \quad \ddot{\cdot} \quad \ddot{\cdot} \quad (-6) \\ \ddot{\cdot} \quad \ddot{\cdot} \quad \ddot{\cdot} \quad \ddot{\cdot} \quad \ddot{\cdot} \quad (-164) \end{array}$$

2.3.1.3 Código Braille de Matemática.

Alguns países como EUA, Reino Unido, França, Itália, Espanha, têm padronizado seus próprios códigos de matemática Braille. No Brasil [35].

“Em 1991, foi criada a Comissão para Estudo e Atualização do Sistema Braille em uso no Brasil, com a participação de especialistas representantes do IBC, da Fundação Dorina Nowill para Cegos, do Conselho Brasileiro para o Bem-estar dos Cegos, da Associação Brasileira de Educadores de Deficientes Visuais e da Federação Brasileira de Entidades de Cegos, com o apoio da União Brasileira de Cegos e o patrocínio do Fundo de Cooperação Econômica para Ibero-América (Once-Ulac). Os estudos dessa Comissão foram concluídos em 18 de maio de 1994, constando das principais resoluções a de se adotar no Brasil o Código Matemático Unificado para a Língua Castelhana, com as necessárias adaptações à realidade brasileira. Por orientação da União Brasileira de Cegos, especialistas da Comissão na área da matemática vêm realizando estudos para o estabelecimento de estratégias, visando à implantação, em todo o território brasileiro, da nova simbologia matemática unificada. (Ribeiro et al., 2013, p. 26)”

A simbologia matemática unificada adotada no Brasil assim como os outros códigos tentam cobrir os símbolos que representam expressões matemáticas. A seguir, mostra-se os principais símbolos, seguidos das normas de aplicação usadas no sistema MatGrafvoice.

- **Transcrição das operações fundamentais para o código braille.**
Os operadores fundamentais estão compostos pelas operações básicas como: soma, subtração, multiplicação e divisão, conforme apresenta-se na Tabela 2.2.
- **Observação:** No sistema MatGrafvoice, no caso da multiplicação além do símbolo (\times) usamos o símbolo “*”, e no caso da divisão além do símbolo (\div), usamos o símbolo “/”, sendo os símbolos mais acessíveis para ser escritos no teclado. Por outro lado, o asterisco e a barra também são usados como padrões para referenciar à multiplicação e divisão respectivamente.
- **Transcrição na forma exponencial e radical para o código braille.**

Operadores	Símbolo	Exemplo	Símbolo resultante
Soma (+)	⠠⠨	$2 + 6 = 8$	⠠⠨⠠⠨⠠⠨⠠⠨⠠⠨⠠⠨⠠⠨
Subtração (-)	⠠⠤	$8 - 5 = 3$	⠠⠤⠠⠨⠠⠨⠠⠨⠠⠨⠠⠨⠠⠨
Multiplicação (×)	⠠⠢	$4 \times 2 = 8$	⠠⠢⠠⠨⠠⠨⠠⠨⠠⠨⠠⠨⠠⠨
Divisão (÷)	⠠⠨⠠⠤	$10 \div 2 = 5$	⠠⠨⠠⠤⠠⠨⠠⠨⠠⠨⠠⠨⠠⠨⠠⠨

Tabela 2.2: Operadores fundamentais de soma, subtração, multiplicação e divisão em Braille.

Exponencial: Para representar um número ou expressão a uma dada potência. Utiliza-se o sinal $\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}}$, colocando-se depois do número ou expressão base e antes do número ou expressão expoente. Exemplo

$$\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} (4^3)$$

$$\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} (x^2)$$

Radical: Para representar o sinal de raiz quadrada. Utiliza-se os sinais $\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}}$ e $\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}}$, colocando-se antes do número que se quer calcular a raiz. Exemplo

$$\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} (\sqrt{9})$$

$$\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \sqrt{x+2}$$

- **Transcrição de logaritmo e funções trigonométricas para o código braille.**

Logaritmo.- Para representar o sinal de logaritmo. Utiliza-se a combinação dos sinais $\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}}$ $\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}}$ $\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}}$ $\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}}$ e, a partir daí, cada base terá sua representação. Exemplo:

$$\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}} \log b$$

Função Seno (sen): Para representar o sinal de seno, utiliza-se a combinação dos sinais $\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}}$ $\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}}$ $\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}}$ $\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\cdot}}$ frente ao número ou variável que se quer calcular. Exemplo:

Função Cotangente (cotg): Para representar o sinal de cotangente, utiliza-se a combinação dos sinais $\ddot{\cdot}$ $\dot{\cdot}$ $\ddot{\cdot}$ $\ddot{\cdot}$ $\dot{\cdot}$ frente ao número ou variável que se quer calcular. Exemplo.

$$\ddot{\cdot} \dot{\cdot} \ddot{\cdot} \ddot{\cdot} \dot{\cdot} \ddot{\cdot} \dot{\cdot} \quad (\cot 1)$$

$$\ddot{\cdot} \dot{\cdot} \ddot{\cdot} \ddot{\cdot} \dot{\cdot} \ddot{\cdot} \quad (\cot x)$$

2.3.2 Abordagens Dinâmicas

O avanço tecnológico no uso dos computadores abriram um novo canal de comunicação para pessoas com DV. Muita informação armazenada é transmitida por meio de fluxos de texto que são disponibilizados na Internet, sendo transmitida usando leitores de tela acessíveis para DV. Tal dispositivo geralmente toma a forma de um tradutor de conversão de texto para voz, que lê em voz alta o conteúdo de uma tela de visualização, ajudando ao DV ter uma independência para manipular a informação. Mas, apesar dos grandes avanços ainda existem muitos problemas a serem resolvidos, especialmente na questão de como as pessoas com DV podem ter acesso à informação científica escrita em notação matemática.

O MatGrafvoice ativa o sintetizador de voz instalado no computador, sendo importante ter instalado um sintetizador no português. As expressões matemáticas no sistema são representadas de forma linear e, para ser interpretadas pelo sintetizador, tem-se desenvolvido um analisador *parsing* de expressões regulares que, usando palavras chave, percorre a expressão para que seja traduzida na linguagem natural. Exemplo:

Dada a função bidimensional

$$y = \sqrt{\cos(x^2 + 1)} , \tag{2.1}$$

Sua representação lineal é:

$$y = \text{sqrt}(\cos(\text{pow}(x,2) + 1)) , \tag{2.2}$$

O sintetizador de fala então interpretaria da seguinte forma:

“Ípsilon, é igual a raiz quadrada de, abre parêntese, cosseno de, abre parêntese, abre parêntese, xis elevado a dois, fecha parêntese, mais um, fecha parêntese, fecha parêntese”.

No caso das funções $\text{sqrt}()$ e $\text{pow}()$, que representam a raiz quadrada e potenciação respectivamente, bem como a função trigonométrica, o usuário pode utilizá-las usando o assistente de inserção de funções predefinidas no sistema.

O uso correto dos parêntesis é necessário tanto para a correta interpretação do sistema, como também para a devida solução da função. Um exemplo de erro na escrita do parêntese é apresentado na Função 2.3

$$y = \text{sqrt}(\text{cos}(\text{pow}(x,2+1))) \text{ ,} \quad (2.3)$$

O sintetizador de fala interpreta da seguinte forma:

“Ípsilon, é igual a, raiz quadrada de, abre parêntese, cosseno de, abre parêntese, abre parêntese, xis elevado a dois, mais um, fecha parêntese, fecha parêntese, fecha parêntese.”

2.4 Conceitos básicos de funções Matemáticas

Na Tabela 2.3 observa-se que para cada aluno há uma idade correspondente. Esse tipo de associação chama-se de **função**.

Aluno (Conjunto X) Origen	Edade (Conjunto Y) Imagem $f(x)$
Carlos	20
João	18
Pedro	20
Luiz	19
André	21
Luciana	18

Tabela 2.3: Exemplo de função

Na matemática, uma **função** (F) é uma relação entre um conjunto dado X (chamado **domínio**) e um outro conjunto de elementos Y (chamado **contradomínio**), de modo que cada elemento x do domínio tem um único elemento de $f(x)$ do contradomínio, i.e. uma função é uma relação entre duas variáveis, de modo que cada valor da primeira é um único valor da segunda [36].

Na Tabela 2.3, O **domínio** é o conjunto formado pelos elementos {Carlos, João, Pedro, Luiz, André, Luciana} e o **contradomínio** é { 20,18, 20, 19, 21,18 }.

Observação: Se x é um elemento no domínio da função, então, o elemento no recorrido que f associa com x , denota-se simbolicamente como $f(x)$, e é nomeado a imagem de x sob a função f . No exemplo da tabela 2.3 $f(\text{Carlos}) = 20$, $f(\text{João}) = 18$. Também é conhecido como o valor da função em x .

Existem basicamente três maneiras de expressar uma função usando uma tabela de valores (como no exemplo acima), usando uma expressão algébrica ou, como veremos mais na frente, por meio do gráfico.

2.4.1 Tipos de função

Os tipos de função dependem de certas características que tenha a expressão algébrica, ou notação da função f em x . A seguir fazemos uma descrição tipos de funções que poderão ser interpretados pelo sistema MatGrafoice:

2.4.1.1 Função Constante

Uma função da forma $f(x) = b$, onde b é uma constante, é conhecida como uma função constante.

E.g. $f(x) = 3$ (onde corresponde ao valor de y) onde o domínio é o conjunto dos números reais e o recorrido é 3, então $y = 3$. A Figura 2.2 mostra que é um linha horizontal.

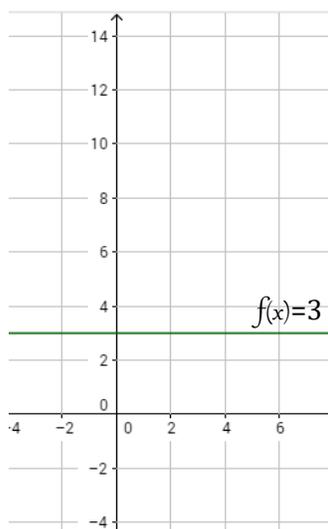


Figura 2.2: Gráfico de uma Função Constante da forma $f(x) = 3$

2.4.1.2 Função Linear

Uma função da forma $f(x) = mx+b$, é conhecida como uma função linear, onde m é o coeficiente angular da reta e b representa a intercepção em y . A representação gráfica de uma função linear é uma reta. As funções lineares são funções polinomiais, e.g. $f(x) = 2x-1$, é uma função linear com coeficiente angular $m = 2$ e intercepção y (0, -1).

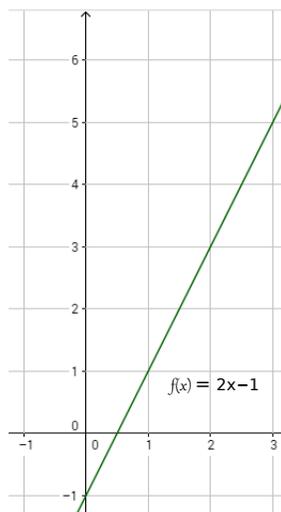


Figura 2.3: Gráfico de uma Função Linear da forma $f(x) = 2x - 1$

2.4.1.3 Função Quadrática

Uma função da forma $f(x) = ax^2 + bx + c$, em que a , b e c são constantes e a é diferente de zero, é conhecida como uma função quadrática.

A representação gráfica de uma função quadrática é uma parábola. Uma parábola abre para cima, se $a > 0$ e abre para baixo se $a < 0$. As funções quadráticas são funções polinomiais. (Ver Figura 2.4). Exemplo: $f(x) = 3x^2 - 4x + 1$, onde $a = 3$, $b = -4$ e $c = 1$.

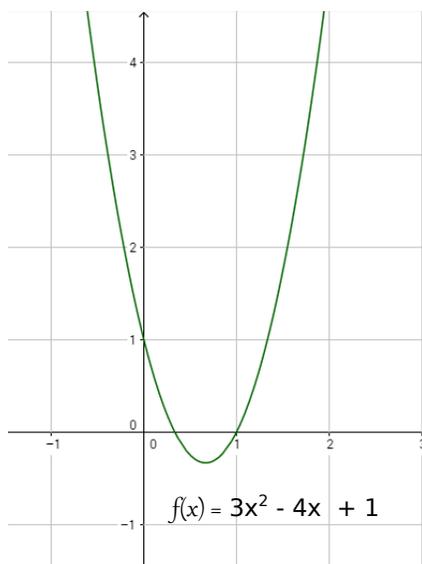


Figura 2.4: Gráfico de uma Função Quadrática da forma $f(x) = 3x^2 - 4x + 1$

2.4.1.4 Função Potência

A função de potência é qualquer função da forma $f(x) = kx^r$, onde r é uma constante diferentes de zero, A constante r é a potência e k é a **constante de variação** ou **constante de proporção**.

Ver a Figura 2.5, um exemplo da função $f(x) = x^2$ abaixo, onde “r” é um número par diferente e zero:

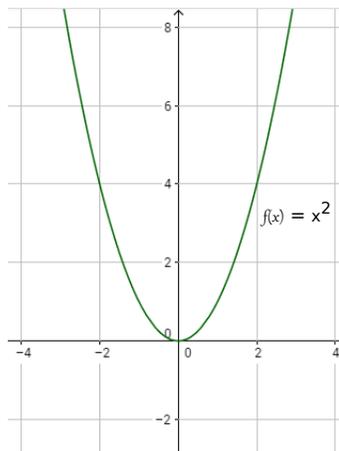


Figura 2.5: Gráfico de uma Função Potencia da forma $f(x) = x^2$

2.4.1.5 Função Raiz Quadrada

Uma função raiz é uma função cuja regra é uma expressão radical da forma $f(x) = x^{1/n} = \sqrt[n]{x}$. O critério das funções raiz é dado pela variável x envolvendo o signo radical $\sqrt{\quad}$. Exemplo:

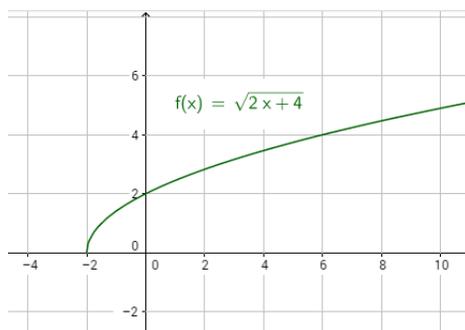


Figura 2.6: Gráfico de uma Função Raiz da forma $\sqrt{2x + 4}$

2.4.1.6 Funções Trigonômétricas

Uma função trigonométrica, também chamada circular, é definida pela aplicação de uma razão trigonométrica para diferentes valores da variável independente, que deve ser expressa em radianos. Há seis classes de funções trigonométricas: seno e sua inversa, cossecante, cosseno e sua inversa secante, tangente e sua inversa cotangente. Para cada uma delas pode também ser definido funções inversas circulares: arco-seno, arco-cosseno, e arco secante. Exemplo, (Ver Figura 2.7)

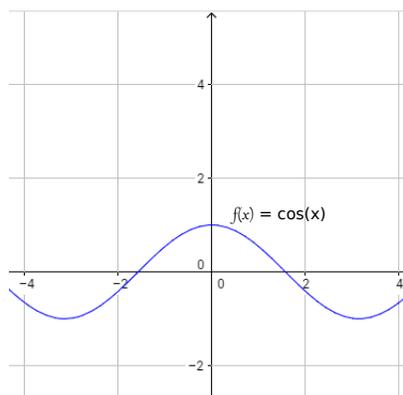


Figura 2.7: Gráfico de uma Função Trigonométrica da forma $\cos(x)$

2.4.1.7 Funções Logarítmicas

As inversas das funções exponenciais são chamadas de **funções logarítmicas**. Como a notação f^{-1} é usada para designar uma função inversa, então, utiliza-se outra notação para este tipo de inversas. Se $f(x) = b^x$, no lugar de usar a notação $f^{-1}(x)$, se escreve $\log_b(x)$ para a função inversa com base b . A notação $\log_b(x)$, deve ser lida como o “**logaritmo de x com base b** ”, sendo chamada à expressão $\log_b(x)$ um **logaritmo**. Na Figura 2.7, se mostra uma função logarítmica como $\log_5(x+3)$:

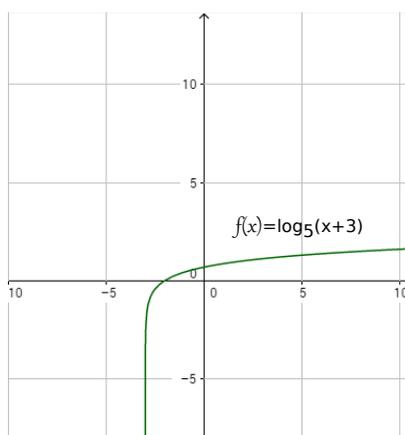


Figura 2.8: Gráfico de uma Função Logarítmica da forma $\log_5(x+3)$

Capítulo 3

Descrição do Sistema.

Após a análise das ferramentas mencionadas no Capítulo 2 e das abordagens que ajudam no ensino de matemática para pessoas com DV, foi possível comparar as vantagens e desvantagens que cada uma apresenta. Esta informação, além das características e funcionalidades dos sistemas de geração de gráficos de funções matemáticas para pessoas com DV que utilizam as técnicas apresentadas, tornou possível a escolha de uma abordagem para a implementação do sistema proposto nesta dissertação. Os requisitos considerados foram a acessibilidade para independência total da pessoa com DV na análise e tratamento de funções matemáticas. Neste capítulo será descrita de forma detalhada o desenvolvimento de MatGrafVoice, uma ferramenta de tratamento de funções matemáticas e sua visualização tátil usando uma impressora Braille, bem como a arquitetura e os componentes do sistema.

As abordagens utilizadas em outros sistemas de análise de funções matemáticas serviram para indicar o rumo a ser tomado no desenvolvimento do sistema. Com isso, nasce a necessidade de propor e construir um sistema com total acessibilidade que permita analisar, editar, desenhar e imprimir funções matemáticas. Outro fator determinante é relacionado à possibilidade de imprimir o conteúdo do editor de texto em escrita normal ou em escrita Braille. Propõe-se uma ferramenta que seja de uso tanto para pessoas com ou sem DV, para que as pessoas que enxergam, possam acompanhar o processo de tratamento matemático, de acordo com uma linguagem matemática unificada.

Dado que a maior parte dos usuários de computador com DV utilizam sistemas operacionais de Microsoft Windows pelo alto desenvolvimento de recursos de acessibilidade, e a capacidade de integração de outros softwares, o sistema proposto foi desenvolvido para este sistema.

O sistema de tratamento de funções matemáticas proposto é composto de quatro módulos principais que estão interligados, como mostra a Figura 3.1. Estes quatro módulos são respectivamente um editor de texto, uma área de desenho, um modulo de processos e um interpretador tradutor para a linguagem Braille.

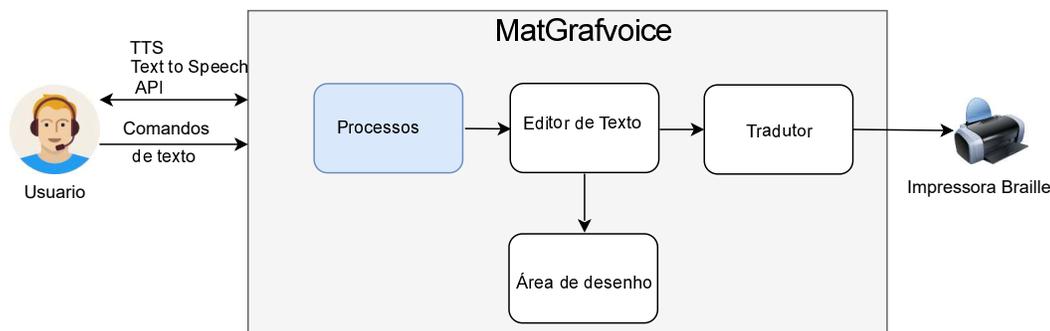


Figura 3.1: Módulos de composição do Sistema de tratamento de funções matemáticas..

MatGraVoice está integrado a um **TTS** (*Text to Speech*) e reconhece todas as vozes que estejam instaladas no computador, convertendo qualquer tipo de texto em linguagem normal para voz. No editor de texto, o usuário pode inserir comandos (palavras reservadas) que executam os processos para o tratamento matemático. O processo final é a impressão do desenho da função ou do conteúdo do editor de texto na impressora Braille. Nos dois casos o conteúdo passa pelo tradutor que prepara o texto de conteúdo matemático em expressões matemáticas em Braille.

O sistema *feedback* realizado pelo MatGraVoice ocorre de duas formas:

Mensagens pré-gravadas: Arquivos de áudio estáticos armazenados num diretório do aplicativo e que são chamados cada vez que o usuário aperta uma tecla representando o nome de cada caractere do teclado.

Mensagens fala sintetizada: Representa o texto que se encontra escrito em cada mensagem informada quando o usuário executa um processo. Por exemplo, quando o usuário ativa o aplicativo logo da mensagem de saudação inicial do sistema, outra mensagem é reproduzida “*Por favor, pressione Control + Space para ingressar no menu principal*”, produzindo assim um *feedback* dinâmico que utiliza sintetização de fala.

3.1 Editor de Texto.

A interface principal para os usuários com DV é um editor de texto que permite escrever e ler texto de forma autônoma, além de executar os processos do tratamento de funções matemáticas.

As ações do sistema no editor de texto podem ser executadas para que o DV possa se orientar e se dirigir nas atividades que ele está fazendo, por exemplo, o movimento do cursor entre linha e linha, apagar caracteres, criar uma nova linha. Em cada uma

das ações, apresentam-se mensagens pré-gravadas e de fala sintetizada que permitem a interação entre o usuário e o sistema para que o este seja mais acessível e natural. Na Tabela 3.1 são apresentadas as diferentes ações.

Ações	Teclas de atalho (Pressione)	Descrição
Movimento do cursor Seta para Esquerda	◀	Move o cursor caractere a caractere para a esquerda. O caractere pelo qual o cursor passou será falado
Movimento do cursor Seta para Direita	▶	Move o cursor caractere a caractere para a direita. O caractere pelo qual o cursor passou será falado
Movimento do cursor Seta para Cima	▲	Move o cursor uma linha para cima. O texto de cada linha será falado. Se as linhas não contém texto o programa fala “linha vazia”. Ao chegar à primeira linha, o programa fala “Início do texto”.
Movimento do cursor Seta para Baixo	▼	Move o cursor uma linha para baixo. O texto de cada linha será falado. Se as linhas não contém texto o programa fala “linha vazia”. Ao chegar à última linha, o programa fala “Fim do texto”.
Movimento do cursor Início do paragrafo	Home	Move o cursor na coluna 1 da linha. O programa fala “Início do parágrafo”.
Movimento do cursor Fim do paragrafo	End	Move o cursor após à última coluna escrita da linha. O programa fala “Fim do parágrafo”.
Inserção de novas linhas.	Enter	Se o cursor está na última coluna escrita da linha, o programa insere uma nova linha embaixo da linha atual e fala “Linha nova”, e o cursor fica na coluna 1. De outra forma, se o cursor está numa coluna diferente da coluna 1, a linha não é quebrada e o sistema fala “Para inserir uma nova linha, deve ir ao final do parágrafo”.
Remoção de caracteres.	Backspace	Remove o caractere à esquerda do cursor.
Leitura das linhas.	Alt + L	O sistema fala a linha inteira a partir do ponto onde o cursor está..
Execução de comandos escritos no editor de texto.	F4	Executa um comando escrito, e.g. Ao escrever o comando “insert”, e pressionar a tecla F4, o sistema fala “Formulário de nova função”. ponto onde o cursor está..
Salvar alterações realizados no editor de texto	Alt + S	Salva o conteúdo modificado pelo usuário. Ao pressionar o atalho, o sistema fala “Deseja salvar as alterações no arquivo? ”
Lista de comandos do sistema	F3	O sistema abre uma lista de todos os comandos do sistema. Ao pressionar o atalho o sistema fala “Listagem dos comandos do sistema. Por favor selecionar o comando que deseja usar”.
Sair do Sistema	Ctrl + Q	Ativa o processo de sair do sistema. Ao pressionar atalho, o sistema fala “Você tem certeza de sair do programa MatGraf?”.

Tabela 3.1: Ações do sistema MatGrafvoice

3.2 Área de Desenho.

No sistema MatGrafvoice, o comando `plot` escrito no editor de texto, pode-se executar desenhos de funções matemáticas em um sistema de coordenadas. Além disso, os desenhos das funções são identificadas pela cores que tornam se diferentes para cada função que o usuário deseje desenhar. Desta forma, o desenho do módulo está desenvolvido para ser

destinado especificamente para pessoas com certa DV ou para pessoas que enxergam e que acompanham o estudo da matemática nas tarefas que podem ser realizadas regularmente.

Após o trabalho, o usuário pode imprimir a área de desenho executando o comando `print` ou pressionando as teclas de atalho **Ctrl+P**. Os dados de informação, tais como, o nome da função e os valores dos eixos xy , serão traduzidos para linguagem Braille para serem interpretados junto com as linhas do desenho em relevo. A Figura 3.2 mostra um exemplo do gráfico da função $\cos(x)$ desenhado na área de desenho do programa.

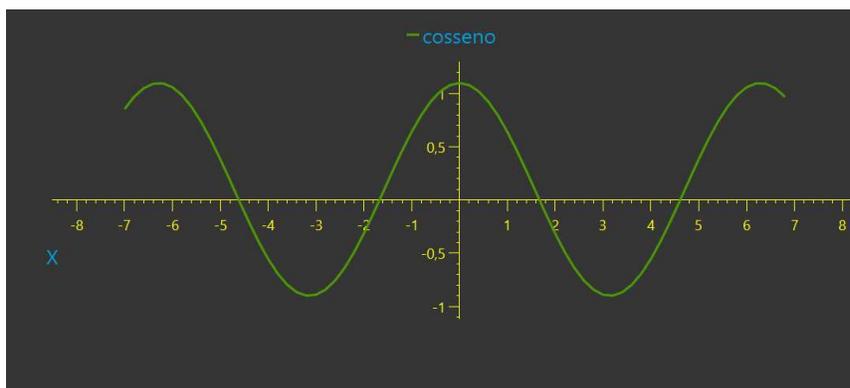


Figura 3.2: Representação do gráfico da função $\cos(x)$ na Área de desenho.

3.3 Processos

A diferença das ações, os processos podem ser executados conforme:

Comandos escritos: Os comandos apresentados na Tabela 3.2 são palavras reservadas escritas em inglês e que podem ser escritos no editor de texto seguido da tecla **F4**. Se a palavra é reconhecida pelo sistema, executa-se um processo que chama aos formulários que vão interagir dinamicamente com o DV por meio de mensagens sonoras. Por outro lado, se o sistema não reconhece o comando, o programa fala “*Erro: Opção invalida, esta linha não é um comando para executar. Pressione Enter para continuar*”, então o cursor fica na coluna 1 da seguinte linha vazia.

Teclas de atalho: Na Tabela 3.2, apresenta-se os atalhos dos comandos que executam os processos de forma direta e mais rápida, em que evita a escrita da palavra reservada. Se as teclas de atalho são reconhecidas pelo sistema, o programa executa um processo que chama aos formulários que vão interagir dinamicamente com o DV por meio de mensagens sonoras. Caso contrário, o programa fala “*Atalho não identificado*”.

Menu interativo: Apresentar várias opções de acessibilidade foi um dos objetivos principais para desenvolver o sistema. Caso o usuário não tenha conhecimento dos comandos escritos e nem das teclas de atalho, todas as funcionalidades do programa estão listadas neste menu. O acesso é dado a ele usando a tecla de atalho **F1**. O uso do menu orienta o usuário a través de mensagens sonoras, auxiliando na inserção de comandos,

sem que o usuário tenha conhecimento prévio dos comandos escritos. Ao selecionar um dos comandos, o programa executa um processo que chama os formulários.

Comando	Teclas de atalho (Pressione)	Descrição
insert	Alt + F	Insera uma função matemática no editor de texto.
resolve	Alt + R	Análise interno no sistema que resolve matematicamente a função ingressada pelo usuário. Retorna os pontos de coordenadas x , y para o desenho da função.
plot	Alt + G	Desenha a função matemática selecionada pelo usuário. O desenho da função é apresentado na área do desenho do programa.
edit	Alt + E	Edita a função matemática selecionada pelo usuário para que seu conteúdo seja modificado
delete	Alt + D	Apaga a função matemática selecionada pelo usuário.
clear	Alt + A	Apaga tudo o conteúdo do editor de texto.
import	Alt + I	Importa funções matemáticas localizadas em outros projetos.
print	Ctrl + P	Imprime o conteúdo do editor de texto ou desenho função matemática.
exit	Ctrl + Q	Fecha definitivamente o sistema MatGraf
open	Ctrl + O	Abre outro projeto que se encontra no sistema
configurations	Alt + C	Abre a janela de configurações do sistema.

Tabela 3.2: Comandos do sistema MatGrafvoice

3.4 Processos do tratamento matemático de funções matemáticas

Os processos de Tratamento matemático de funções matemáticas (TMFM) são os passos mais importantes a se seguir para que a pessoa com DV possa interpretar de forma tátil o gráfico de uma função. Além disso, o TMFM ajuda fazer simulações, confirmar ideias prévias, experimentar, criar, solucionar e construir novas formas de representação de funções matemáticas de forma independente.

A Figura 3.3 descreve o Processo de TMFM que é composto de quatro etapas: `insert`, `resolve`, `plot` e `print`.

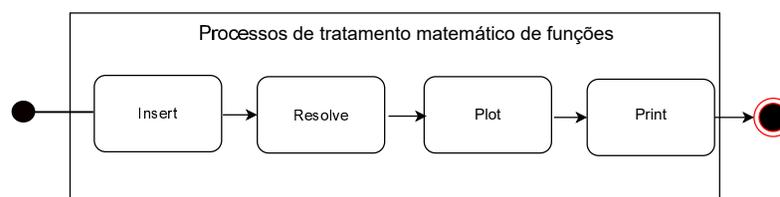


Figura 3.3: Diagrama de estados do Processo de TMFM do sistema MatGrafvoice

3.4.1 Inserir funções matemáticas no editor de texto.

Para inserir uma função matemática, o usuário deve chamar o processo `insert` seja com os comandos escritos, teclas de atalho, ou usando o menu interativo descrito anteriormente na Tabela 3.2. A seguir o sistema abrirá um formulário que, emite mensagens sonoras, guiando ao usuário na inserção dos dados na ordem mostrada na Figura 3.4.

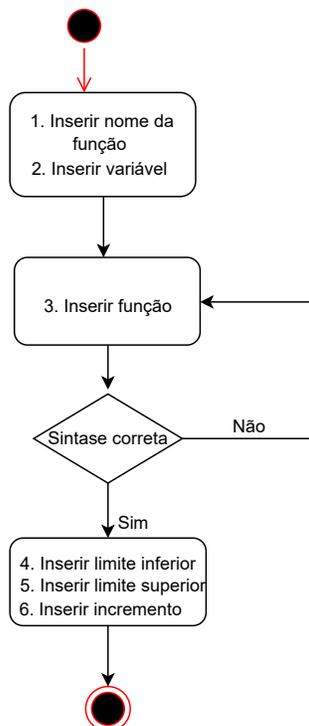


Figura 3.4: Diagrama de atividades contendo os passos para inserir uma função matemática

3.4.1.1 Inserir nome e variável da função Matemática.

Para cada um dos dados inseridos pelo usuário, o sistema controla para que os dados estejam corretos. No caso em que o usuário insere caracteres especiais nos campos **Nome** e **Variável** do formulário, o sistema emite uma mensagem de voz de erro solicitando ao usuário inserir novamente os dados.

3.4.1.2 Inserir função.

Quando o usuário acessa o campo **Inserir Função**, o sistema fala “*A tecla F1 pode ajudar na inserção de funções predefinidas guardadas no sistema*”. Ao pressionar a tecla **F1**, o sistema abre uma lista de funções mais comuns e importantes apresentadas na Tabela 3.3. Ao selecionar qualquer uma, o sistema representa a função na sua forma escrita linear, evitando que o usuário escreva a função manualmente, para que não ocorram erros na sintaxe da expressão matemática.

Função	Descrição	Função	Descrição
acos	Retorna os valores inversos dos valores de Cosseno	log10	Retorna o logaritmo de base 10 de um número especificado.
asin	Retorna os valores inversos dos valores de Seno	pow	Retorna um número especificado elevado à potência especificada.
atan	Retorna os valores inversos dos valores de tangente.	sin	Retorna o seno do ângulo especificado.
atan2	Retorna o ângulo cuja tangente é o quociente de dois números especificados.	sinh	Retorna o seno hiperbólico do ângulo especificado.
ceiling	Retorna o menor inteiro maior ou igual ao número especificado.	sqrt	Retorna a raiz quadrada de um número especificado.
cos	Retorna o cosseno do ângulo especificado.	tan	Retorna a tangente do ângulo especificado.
cosh	Retorna o cosseno do ângulo especificado.	tanh	Retorna a tangente hiperbólica do ângulo especificado.
exp	Calcula o valor do número de néper elevado à potência x.	ln	Representa o expoente de uma potência de E, e aparece frequentemente nos processos naturais
floor	Retorna o maior inteiro menor ou igual ao número especificado.	pi	Representa a circunferência de um círculo ao seu diâmetro.
log	Retorna o logaritmo de um número especificado.	abs	Retorna o valor absoluto de um número especificado.

Tabela 3.3: Funções matemáticas predefinidas do sistema MatGravoice

Uma vez que o usuário termine de completar a expressão e ao pressionar a tecla **Enter**, o módulo analisador sintático vai validá-la. Este processo é transparente ao usuário. A Figura 3.5, descreve um diagrama de estados de validação de expressões matemáticas.

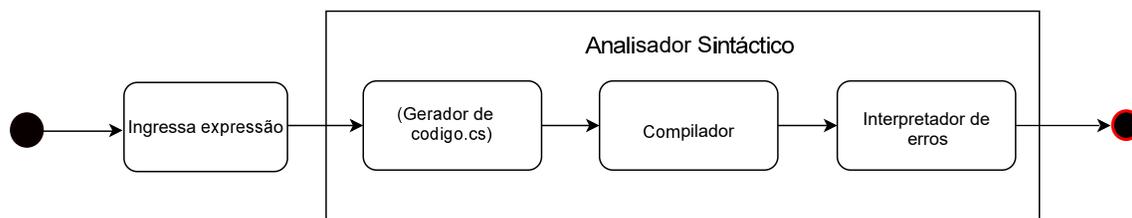


Figura 3.5: Diagrama de estados do Processo de análise sintático

O analisador sintático verifica e analisa a estrutura das sentenças do algoritmo criado no processo de *Gerador de código*, comprovando se a sintaxe do algoritmo 1.1 é válida. Ele também procura encontrar possíveis erros na sintaxe da expressão antes que seja computada. A seguir descrevemos os três processos do analisador sintático.

- **Gerador de código:** O gerador de código é ativado automaticamente quando o usuário pressiona a tecla **Enter** no campo *Inserir função*. Em seguida, cria-se um arquivo fonte *.cs* contendo as linhas de comando próprias da linguagem C#, (ver algoritmo 1.1). Observa-se que o arquivo contém sentenças, instruções e as bibliotecas necessárias para que o arquivo seja executado no console.

```
1 using System.Linq;
2 using System.Text;
3 using System.Threading.Tasks;
4
5 namespace ConsoleApplication2
6 {
7     class Program
8     {
9         static void Main(string[] args)
10        {
11            Qalcular();
12        }
13        public static void Qalcular()
14        {
15            double avaliadorSintaxis=0;
16            avaliadorSintaxis =Math.Cos(1);
17            Console.WriteLine(avaliadorSintaxis);
18        }
19    }
20 }
```

Algoritmo 3.1: Código gerado para análise da função matemática

- **Compilador:** Em seguida, um outro processo ativa-se de forma transparente o prompt de comando do Windows que contém a rota do arquivo do algoritmo 1.1 para ser executado e compilado. Este processo basicamente serve para analisar a linha 16 deste algoritmo que contém a expressão da função inserida pelo usuário, por exemplo para analisar a função matemática, $\cos(x)$, a variável x toma o valor de 1. O algoritmo contém um método *Calcular()*, onde a expressão *Math.Cos(1)* é atribuída à variável (*double evaluadorSintaxis*).

Um dos processos de compilação é constituído pela fase da análise sintática e tem como objetivos entender o código fonte, verificar erros, falhas e inconsistências, e representá-lo em uma estrutura intermediária. O compilador gera um outro arquivo que vai ser executado de forma transparente ao usuário para obter as mensagens de erro no caso que a sintaxe da expressão matemática na linha 16 esteja errada.

- **Interpretação de erros:** Se a expressão teve erros no processo:
 - Armazena o número da linha de erros
 - Armazena a descrição do erro
 - O processo de inserção da função é abordado

Obtidos o número da linha de erros e a descrição do erro, estes são interpretados e traduzidos na linguagem natural para ser apresentadas no caso que a escrita da expressão matemática esteja errada, e.g. se na expressão anterior $\cos(x)$, estivesse escrita como $\cos((x)$, a mensagem original do compilador seria “*error CS1026:) esperado*”, mas é interpretado no sistema como: “*A sintaxe da função está incorreta. Está faltando um parêntese direito*”.

Se não houver erros, ativa-se o campo Inserir **Limite Inferior**

A validação da sintaxe da expressão matemática na fase da inserção da função é uma vantagem no sentido que posteriormente não haverá erros ao momento da análise matemática para se obter o gráfico da função.

3.4.1.3 Inserir limites inferior e superior.

Os limites inferior e superior são definidos em um intervalo $[-x,x]$, representando a área do desenho da função. Estes limites não devem ultrapassar de -10 até 10, respectivamente. Para cada um dos limites inseridos pelo usuário, o sistema controla para que os dados sejam numéricos e não aceita caracteres especiais nem letras do alfabeto. No caso de o usuário inserir caracteres especiais ou letras nos campos **Limite inferior** e **Limite superior** do formulário, o sistema retorna uma mensagem de erro solicitando ao usuário inserir os limites corretamente.

3.4.1.4 Inserir Incremento.

O incremento representa o aumento do valor da variável inserida pelo usuário, isso é, o incremento de x quando esta cresce ou decresce desde um valor até outro valor.

Este é o passo final para que a função seja armazenada no sistema, analisada, desenhada ou impressa na sua visualização tátil. O intervalo do valor do incremento pode variar entre 0 e 2. O sistema controla os dados inseridos sejam numéricos e não aceita caracteres especiais nem letras do alfabeto. No caso em que o usuário insira caracteres especiais ou letras no campo **Incremento** do formulário, o sistema emite uma mensagem de erro solicitando ao usuário inserir de novo o valor do incremento corretamente. Ao pressionar a tecla **Enter**, a função será salva num arquivo de texto para posterior análise. Em seguida, o sistema pergunta ao usuário se quer imprimir a informação da função inserida no editor de texto, selecionado **sim**, a função e seus elementos serão escritos no editor como. Ver (3.1) :

$$funcao = \{\cos(x) : -10-, 10 : 0.2 : x\} \quad (3.1)$$

Logo após o sistema fala “*Função inserida funcao, é igual a, abre chaves, cosseno de, abre parêntesis, x, fecha parêntesis, dois pontos, com limite inferior igual a -10 e limite superior igual a 10, dois pontos, com incremento igual a 0.2, dois pontos, variável x, fecha chaves*”

Depois de inserir a função matemática, esta fica armazenada no sistema para que posteriormente possa ser editada, analisada, importada desde outros projetos, ou apagada do sistema.

3.4.2 Processo de análise da função matemática.

Para analisar uma função matemática, o usuário deve chamar o processo **resolve** seja com os comandos escritos, teclas de atalho, ou usando o menu interativo descritos anteriormente na Tabela 3.2. A seguir, o sistema abrirá um formulário que, emite mensagens sonoras, guiando o usuário na seleção de uma função matemática a partir de uma lista de funções disponíveis no sistema e que foram inseridas pelo usuário. Ao selecionar qualquer uma, um processo interno e transparente ao usuário calcula o conjunto de valores ou contradomínio a partir dos intervalos entre o limite inferior e superior ingressados pelo usuário, que no caso do exemplo é $(-10, 10)$. Na Tabela 3.4, apresentam-se os valores que serão impressos no editor de texto no caso do usuário selecionar imprimi-los. Os valores impressos no editor podem ser lidos um por um, guiando ao usuário no percorrido do gráfico da função quando seja impresso na sua representação tátil.

funcao(-10)	=	-0,839
funcao(-9)	=	-0,911
funcao(-8)	=	-0,145
funcao(-7)	=	-0,753
funcao(-6)	=	-0,960
funcao(-5)	=	-0,283
funcao(-4)	=	-0,653
funcao(-3)	=	-0,989
funcao(-2)	=	-0,416
funcao(-1)	=	0,540
funcao(1)	=	0,540
funcao(2)	=	-0,416
funcao(3)	=	-0,989
funcao(4)	=	-0,653
funcao(5)	=	0,283
funcao(6)	=	0,960
funcao(7)	=	0,753
funcao(8)	=	-0,145
funcao(9)	=	-0,911
funcao(10)	=	-0,839

Tabela 3.4: Valores da função (3.1) impressos no editor de texto.

3.4.3 Processo de desenho do gráfico da função matemática

Tendo inserido a função matemática e calculado os valores da função, o usuário pode chamar ao processo `plot` seja com os comandos escritos, teclas de atalho, ou usando o menu interativo descritos anteriormente na Tabela 3.2, em seguida o sistema abre um formulário, que com mensagens sonoras guia o usuário no processo de desenho. Quando o usuário chama este processo, o sistema pergunta quantos gráficos deseja desenhar. Definido o número de gráficos, o usuário pode selecionar as funções matemáticas de uma lista de funções que foram previamente calculadas e que estão disponíveis no sistema. Neste caso, o desenho será apresentado na área de desenho da aplicação como mostra a Figura 3.5, seguido de uma mensagem de confirmação.

O usuário pode selecionar entre uma ou várias funções matemáticas para serem desenhadas na área de desenho. Mas, segundo [37], não é recomendável desenhar muitos gráficos táteis, porque a sobrecarga gera demasiada informação e nestes casos as pessoas com DV tem limitadas possibilidades de correção de erros, devido a que na maioria dos casos utilizam-se métodos de visualização manuais.

Os gráficos apresentados na área de desenho servem para que o educador ou a pessoa com leve deficiência visual possa visualizar o gráfico antes da impressão Braille, desta forma pode acompanhar o estudo junto com a pessoa com total deficiência visual.

O MatGrafvoice tem como configuração padrão uma aparência definida que é usada em todas as representações gráficas. Na área central do desenho, apresenta-se o título ou

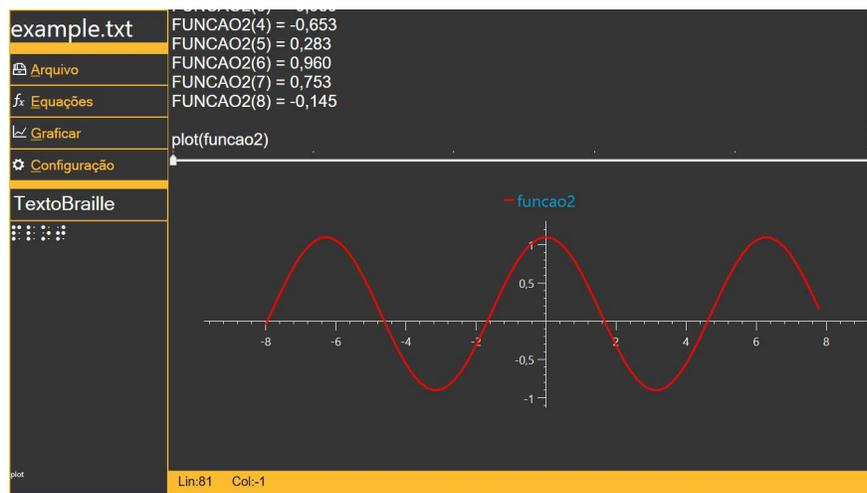


Figura 3.6: Área de trabalho do sistema MatGrafVoice

títulos dos gráficos inseridos pelo usuário. Os eixos estão configurados na tela como eixos centralizados de cor amarelo que contrasta com a cor preta do *brakground* do aplicativo.

3.4.4 Processo de impressão

O processo de impressão é o último passo para o tratamento matemático. Ele consiste na impressão do gráfico da função matemática na sua visualização tátil, além de poder imprimir o conteúdo do editor em texto normal Braille e Braille matemático.

Para chamar o processo de impressão, o usuário pode chamar o processo `print` seja com os comandos escritos, teclas de atalho, ou usando o menu interativo descritos anteriormente na Tabela 3.2, a seguir o sistema abrirá um formulário, com mensagens sonoras guiando o usuário no processo de impressão. Neste formulário, o primeiro passo é decidir entre enviar o desenho da função matemática ou o conteúdo do editor de texto para impressão. Neste ponto, o conteúdo passa pelo módulo de tradução de escrita Braille descrito na seguinte Seção 3.6. Depois selecionará o número de cópias, que deseja imprimir, seguido de selecionar a impressora disponível no sistema. Finalmente, ao pressionar a tecla **ENTER**, ativa-se uma conexão direta com a impressora Braille selecionada, conseguindo assim que o processo de impressão seja fácil e acessível para o usuário.

Capítulo

4

Construção do MatGravoice.

A parte técnica do processo de desenvolvimento e implementação de MatGravoice é mostrado e explicado neste capítulo, além de explicar por meio de exemplos os diferentes recursos de software, que foram utilizados em cada uma das etapas de programação do aplicativo.

4.1 Estrutura do sistema

O MatGravoice é um aplicativo que funciona independentemente no sistema operativo Windows a partir da versão 7. Na Figura. 4.1, pode se observar o diagrama de blocos do sistema que permite a execução do MatGravoice.

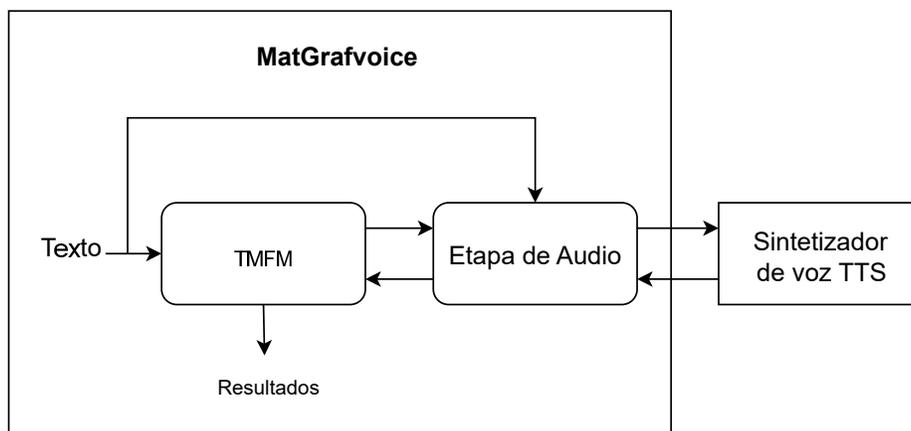


Figura 4.1: Estrutura do sistema MatGravoice

4.2 Uso de um editor de texto para o TMFM

No MatGravoice, foi desenvolvido um editor de texto com a finalidade de dar uma interface acessível ao usuário com DV. Neste editor de texto, pode-se escrever e ler texto, além de executar tarefas para o processo do TMFM de forma independente que, por sua

vez, tem tanto o texto, expressão da função matemática e os resultados na mesma janela do programa.

O conteúdo no editor de texto pode ter a seguinte estrutura e apresentação. Figura 4.2

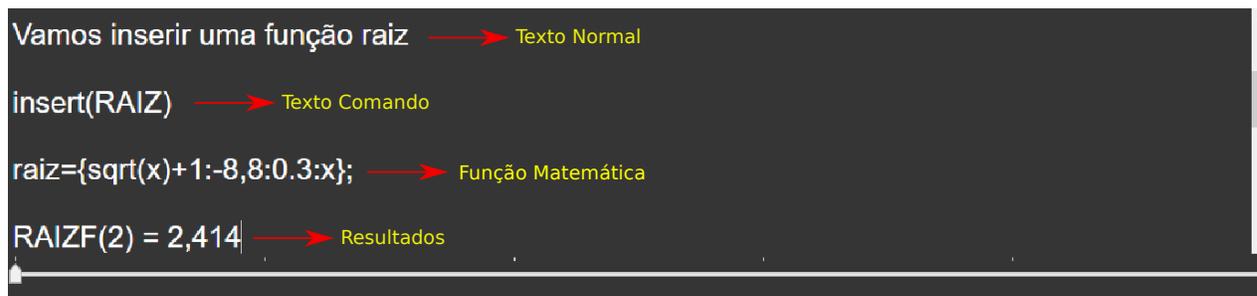


Figura 4.2: Estrutura geral de um algoritmo no MatGrafvoice

Na Figura 4.2, é apresentada a tela principal do editor de texto do MatGrafvoice, No texto inserido, podem-se identificar três partes:

- **Texto normal:** formado por qualquer texto que o usuário insira. O sistema valida o texto como uma cadeia String normal e que não forma nenhum comando, resultado ou formula matemática. O sintetizador de voz lê o texto de forma natural.
- **Texto comando:** para que o sistema valide, por exemplo, a palavra “Insert” como um comando do sistema, a palavra comando tem que ser escrita numa linha vazia. Pressionando a tecla F4, o sistema reconhece a palavra comando e executa uma tarefa, caso contrário o sistema lê e apresenta uma mensagem de erro. O sintetizador de voz lê o texto de forma natural.
- **Função Matemática:** O sistema identifica uma função matemática e, quando a função se encontra em uma nova linha, seu formato de inserção está estruturado no seguinte formato por:

Nome_Função = {função: limite_inferior: limite_superior: incremento: variável}

O sistema valida a linha da função quando, em um *String*, são encontradas as sinais “{}”. Estes sinais são importantes para que o sistema leia as expressões matemáticas da forma natural e não literal. Por exemplo:

A função $\cos(x)$ literalmente seria lido como “*cos de xis*”, mas a expressão é lida pelo sistema como “*cosseno de abre parêntesis, xis, fecha parêntesis*”.

- **Resultado:** Estes são gerados pelo MatGrafVoice e dependem da função matemática analisada. Os resultados são inseridos automaticamente no seguinte salto de linha.

4.3 Software de desenvolvimento

Para o desenvolvimento do MatGraVoice foi utilizado o Software *Visual Studio Express 2012* produzido pela *Microsoft Corporation*. O aplicativo usa a arquitetura *Model-View-ViewModel* (MVVM). Como uma introdução, pode-se dizer que com WPF, C# e MVVM, podem-se criar aplicações atraentes para os olhos do usuário, com WPF pode se criar o entorno UI, com C# a lógica da nossa aplicação e tudo isso seguindo uma estrutura MVVM.

WPF (*Windows Presentation Foundation*) é uma tecnologia da Microsoft para o desenvolvimento de Interfaces UI para o usuário final e tem toda a potência do Windows e Aplicativos Web. Com WPF podemos desenvolver aplicativos de aparência visual muito intuitivas para o usuário final, WPF introduz uma nova linguagem de marcação similar a XML chamada XAML com o qual pode-se separar completamente a lógica de programação com as vistas do usuário.

XML é uma linguagem de programação completamente declarativa, isto é, o desenhador pode declarar unicamente comportamentos e não mexe no código do aplicativo.

A arquitetura MVVM, recomendado para desenvolver aplicações WPF, é uma forma de desenvolver aplicativos que permitem obter a melhor organização e ajuda no processo de desenvolvimento e manutenção dos projetos. Na Figura 4.3 se apresenta o modelo MVVM que contém uma completa separação entre o modelo da interface (ViewModel), o modelo (Model) e a interface (View).

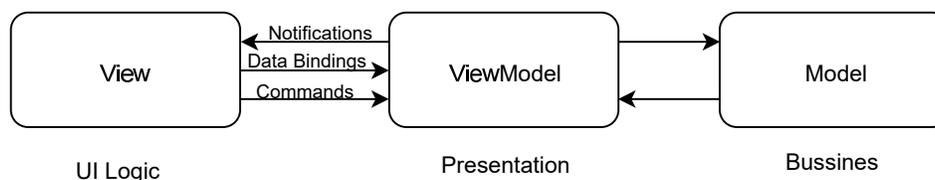


Figura 4.3: Modelo View ViewModel MVVM

View: se desenvolve unicamente o relacionado com janelas, controles, formulários e estilos. Não tem código C# que esteja relacionado à interface. A View faz referência à ViewModel por meio da propriedade DataContext. Cada enlace de dados (databinding) é associado para cada controle. Os arquivos que contêm o desenho da interfase são gerados na extensão *.xaml.

ViewModel: Encapsula a lógica e os dados para a View. Implementa propriedades e comandos. Os arquivos que contêm o modelo do desenho da interfase são gerados na extensão .xaml/.cs.

Model: Se estabelece a lógica do negócio e os dados. Fornece eventos e notificações por meio de INotifyPropertyChanged e InotifCollectionChanged. Fornece o controle de validação e erro por meio de IDataErroInfo e INotifyDataErrorInfo. Os arquivos que contêm o modelo do aplicativo são gerados na extensão *.cs.

4.4 Estrutura de arquivos fonte do MatGrafVoice

Para a construção e implementação do MatGrafvoice foram criados alguns arquivos (*.xaml e *.cs) que contém diversos módulos que compõem o programa. Na Figura 4.4, apresenta-se e explica-se os principais arquivos fonte do MatGrafvoice.

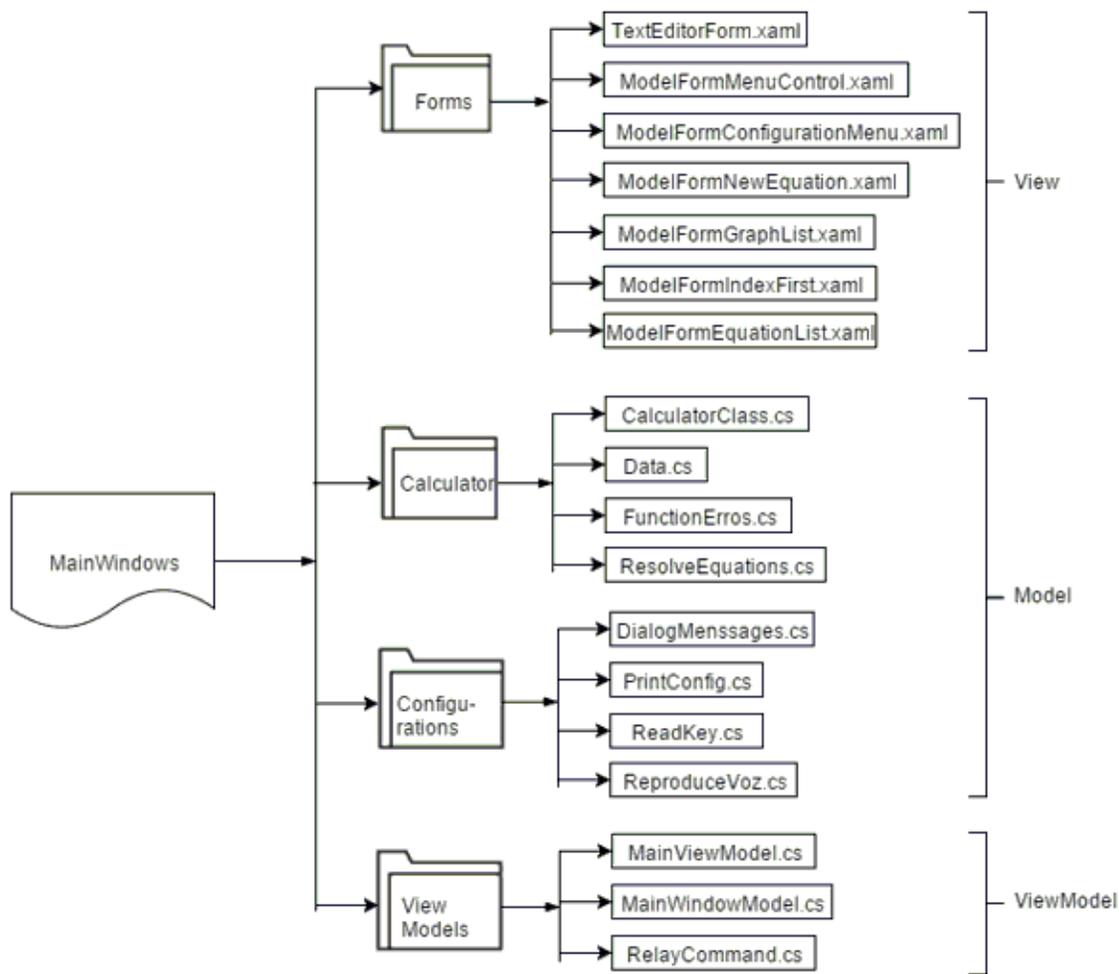


Figura 4.4: Estrutura de arquivos FONTE do MatGrafVoice.

A seguir explica-se cada um dos principais arquivos fonte do MatGrafvoice.

Programa Principal

- MatGraf_v3.sln : Arquivo tipo WPF Project, o qual controla cada um dos Subprogramas, módulos ou componentes do MatGrafvoice.

View-Forms

Na pasta Forms se encontra todas as janelas, formulários ou controles que compõem a interface do sistema MatGrafvoice.

- TextEditorForm.xaml: Contém o template principal do aplicativo, nele se apresenta os menus iterativos para o usuário que consegue enxergar, além de conter o editor de texto onde o usuário com DV interatua com o sistema.

- ModelFormMenuControl.xaml: Contém o modelo lógico do menu iterativo da pessoa que enxerga.
- ModelFormConfigurationMenu.xaml: Contém o formulário do menu iterativo que se apresenta para que o usuário acesse às configurações do programa (aumentar ou diminuir som, trocar de voz, ativar ou desativar voz).
- ModelFormIndexFirst.xaml: Apresenta o primeiro formulário que contém o menu principal para que o usuário entre ao sistema.
- ModelFormNewEquation.xaml: Apresenta o formulário de inserção de uma nova função para ser analisada no sistema.
- ModelFormEquationList.xaml: Mostra o formulário, para que o usuário selecione uma função entre uma lista de funções disponíveis no sistema e seja resolvida.
- ModelFormGraphList.xaml: Mostra o formulário, para que o usuário selecione uma ou mais funções de uma lista de funções disponíveis no sistema para que sejam desenhadas na área de desenho.

Calculator e Configurations

Na pasta Calculator e Configurations, se encontram os arquivos *.cs que representam o modelo da lógica de programação dos diferentes módulos ou componentes de MatGrafvoice.

- DialogMenssages.cs: Lista-se todas as mensagens disponíveis no sistema, essas mensagens serão lidas pelo sintetizador de voz.
- PrintConfig.cs: Modelar-se a configuração da impressão do desenho da função ou do conteúdo do editor de texto, seja em texto normal ou em formato Braille e relevo
- ReadKey.cs: Estabelece uma conexão com os arquivos de áudio e lê os cada uma das teclas pressionadas pelo usuário.
- ReproduceVoz.cs: Função que reconhece todos os sintetizadores de voz instalados no sistema Windows, configurando como voz principal, o sintetizador que o usuário selecione.
- CalculatorClass.cs: Contém as funções que criam os arquivos *.cs contendo o código do procedimento para resolver a função matemática.
- Data.cs: Armazena em um arquivo *.txt os dados que correspondem aos pontos x e y para que a função matemática seja desenhada na área de desenho.
- FunctionErros.cs: Obtém os erros da sintaxe da função matemática obtida desde o compilador.

- `ResolveEquations.cs`: De forma transparente ao usuário, calcula e resolve matematicamente as funções matemáticas inseridas pelo usuário, com a finalidade de serem desenhadas na área de desenho.

MainWindow model

A pasta do MainWindow model faz as conexões com as interfaces do usuário para ativar as tarefas dos módulos ou componentes do sistema.

- `MainViewModel.cs`: Ativa os controles das teclas de atalho para executar tarefas como: `Alt+I` para inserir uma nova função.
- `MainWindowModel.cs`: Lee os arquivos `*.txt` que contém os pontos `x` e `y` para serem enviados ao módulo que desenha a função.
- `RelayCommand.cs`: Lê os comandos que o usuário tem que escrever no editor de texto, com a finalidade de executar as diferentes tarefas no sistema.

4.5 Parsing e Tradutor Braille

Após a confirmação de envio da impressão do gráfico, da função ou do conteúdo do editor de texto o módulo de *parsing* e tradução, (Ver Figura 4.5) converte o conteúdo em texto de notação Braille.

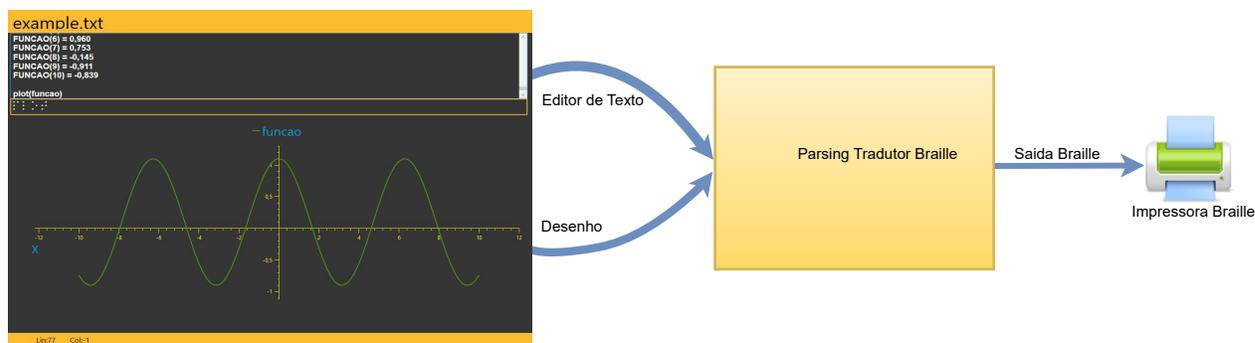


Figura 4.5: Envio de informações ao Parser Braille Tradutor

Todas as letras do alfabeto, números ou caracteres estão representadas pela combinação de uma ou duas células Braille.

Para o módulo de tradução de texto natural para Braille, criou-se uma tabela de símbolos (letras, números ou caracteres especiais) que substituam cada sequência do texto inserido como *String*. Assim, na Figura 4.5, mostra-se com um exemplo do processo de tradução, em que o texto é inserido pelo usuário via editor de texto ou pelas informações do gráfico da função conforme a seguinte sequência:

- **Reconhece espaços:** Cada espaço encontrado no *String* pertence a uma palavra, ou números ou um conjunto de caracteres que contém letras, números ou caracteres especiais.
- **Reconhece números:** Em um conjunto de caracteres, examina se o caractere ou todo conjunto de caracteres são números, então coloca o símbolo # no início do conjunto. Exemplo, (345) = (#345)
- **Reconhece Maiúsculas:** Em um conjunto de caracteres, examina se o caractere ou todo conjunto de caracteres inicia com maiúscula, então coloca a letra k no início do conjunto. Quando o conjunto de caracteres são todas letras maiúsculas, coloca duas vezes a letra k no início do conjunto. Exemplo (Caractere) = (kcaractere) ou (CARACTERES) = (kkcaracteres).
- **Reconhece Caracteres:** Depois de reconhecer números e maiúsculas, e substituindo seus símbolos na frente de cada conjunto, passa-se para a análise e substituição dos caracteres do *String* pelos caracteres da tabela de símbolos. Ver figura 4.6

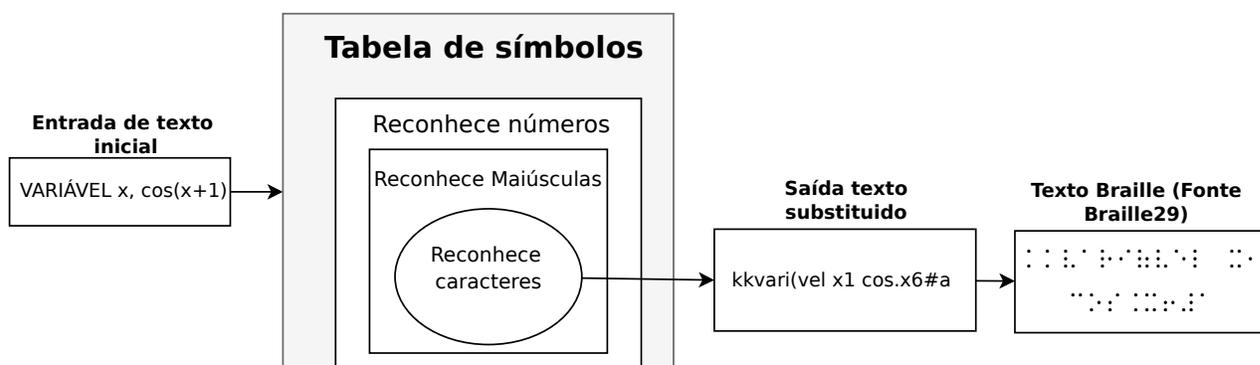


Figura 4.6: Módulo Parsing Tradutor Braille

Finalmente, o *String* resultante que representa a informação recebida, aplica a fonte Braille29 que é usada nas impressoras Tiger SpotDot Embosser Braille.

Este módulo foi desenvolvido para que seja incorporado em outros aplicativos (um aplicativo que faça a tradução de documentos de Word, por exemplo). O módulo recebe o texto a ser traduzido diretamente por meio de cadeias de caracteres. O texto ou gráfico da função será traduzido e impresso uma impressora Braille.

Capítulo 5

Desenho da interface gráfica.

As barreiras no uso de sistemas interativos, que as pessoas com DV encontram, estão relacionadas principalmente à interface de usuário, incluindo as dificuldades físicas para manipular dispositivos e barreiras cognitivas para entender os procedimentos e a interação. Os estudos realizados com usuários evidenciam a necessidade de interfaces que permitam o controle de dispositivos e serviços usando de sistemas interoperáveis integrados de forma inteligente [38].

5.1 Especificações de usabilidade

Muitas vezes, as interfaces são desenhadas pensando-se em uma pessoa comum com todas as capacidades físicas e cognitivas e, frequentemente, deixa de fora pessoas com “necessidades especiais”, neste caso as pessoas com DV. Segundo Benyon [12], no desenvolvimento de uma aplicação deve-se considerar o “Desenho universal”, conhecido também como “Desenho para todos”, tendo como objetivo criar interfaces que não apresentem barreiras de acessibilidade. Dessa forma, é necessário distinguir entre três tipos de usuários: aqueles com total deficiência visual, com certo grau de deficiência visual e os que enxergam.

Tomando em conta as considerações mencionadas na sessão 5.2, MatGrafvoice, foi desenvolvido como um aplicativo suficientemente intuitivo e acessível, que pode ser usado tanto por pessoas com DV e pessoas que enxergam, sem a necessidade de ter conhecimentos informáticos elevados. Neste trabalho, teve maior ênfase a otimização da viabilidade da realização das tarefas por parte dos usuários com total DV.

5.2 Considerações Gerais

No desenvolvimento do programa, considerou-se uma standardização da interface gráfica, na usabilidade, formatos e nomes das telas, com a finalidade de permitir ao usuário final familiarizar-se facilmente em curto tempo, sem atrapalhar seu trabalho e pelo contrário, torná-lo mais simples.

A seguir apresentam-se as considerações que foram tomadas em conta no desenvolvimento

de MatGraVoice, baseadas nas considerações de Benyon [12].

- **O sistema deve apresentar uma informação clara ao usuário, quer dizer, um título adequado para cada tela e proporcionar uma retroalimentação de usuário de maneira clara:**

Pessoas com total deficiência visual: Emitindo de mensagens sonoras o sistema reproduz o título dos formulários chamados pelo usuário.

Pessoas com certo grau de deficiência visual: O tamanho e a cor das fontes das telas, são homogêneos para todo o sistema de acordo com os padrões estabelecidos .

Pessoas que enxergam: Aplica os mesmos formatos anteriores

- **O sistema deve realizar um reconhecimento da aceitação de entrada, quer dizer, reconhecer que a entrada dos dados esteja na forma correta. Antes do envio de dados, deve-se validar, na medida do possível, que o que se deseja inserir esteja correto.**

Pessoas com total deficiência visual: Valida-se que o texto inserido corresponda aos caracteres solicitados pelo sistema. Exemplo: nos campos de inserção de números, o sistema só aceita números, caso contrario , o sistema fala o erro e limpa o campo.

Pessoas com certo grau de deficiência visual: Além de usar as mesmas condições anteriores, os campos dos formulários e as mensagens de alerta contém tamanhos e cor de fonte de acordo aos padrões estabelecidos.

Pessoas que enxergam: Aplica os mesmos formatos anteriores.

- **O sistema deve informar de forma clara e explicita o problema dos dados inseridos incorretamente nos casos em que seja necessário.**

Pessoas com total deficiência visual: No caso de uma função matemática estar inserida na sintaxe incorreta, o sistema fala o tipo de erro e limpa o campo informando que a função deve ser inserida de novo.

Pessoas com certo grau de deficiência visual: O sistema apresenta janelas com mensagens claras, informando o tipo de erro, limpa o campo para que o usuário insira novamente a função matemática.

Pessoas que enxergam: Aplica as mesmas condições dos usuários anteriores.

- **Os usuários devem saber quando sua petição está completa e se podem fazer novas solicitações, para isso o sistema deve dar uma mensagem de retroalimentação.**

Pessoas com total deficiência visual: Exemplo, quando o usuário termina de inserir uma função, o sistema confirma que os dados foram inseridos corretamente. Depois pergunta se deseja imprimir os dados da função no editor de texto.

Pessoas com certo grau de deficiência visual: O sistema apresenta janelas com

mensagens claras, informando que os dados foram inseridos corretamente.

Pessoas que enxergam: Aplica as mesmas condições dos usuários anteriores.

- **O sistema deve incluir mensagens que vão incluir a validação dos dados inseridos corretamente antes de serem executados.**

Pessoas com total deficiência visual: Em todos os campos dos formulários, antes de pressionar a tecla **Enter**, o usuário pode pressionar as teclas **Alt + L** para ler o conteúdo preenchido nos campos dos formulários.

Pessoas com certo grau de deficiência visual: Aplica as mesmas condições dos usuários anteriores.

Pessoas que enxergam: Não aplica.

- **As telas do aplicativo devem ter um tamanho adequado, desativar teclas que podem atrapalhar o trabalho no sistema.**

Pessoas com total deficiência visual: A tela principal do aplicativo, adapta-se ao tamanho dos pixels do monitor. O cursor e a tecla de início de Windows é desativado para evitar que o usuário, por erro, deixe o sistema.

Pessoas com certo grau de deficiência visual: Apliaca-se às mesmas condições dos usuários anteriores.

Pessoas que enxergam: Apliaca-se às mesmas condições dos usuários anteriores.

- **Definir adequadamente os campos de leitura e de inserção de dados. Considerar outra característica nos enfoques nos campos dos formulários.**

Pessoas com total deficiência visual: Os campos de leitura são desativados para escrita. Enquanto o usuário não inserir informação no campo, os outros campos não serão ativados. No caso que, o usuário deseje continuar e o campo esteja vazio, o sistema reproduz o erro.

Pessoas com certo grau de deficiência visual: Aplica as mesmas condições dos usuários anteriores, e os campos editáveis serão de fundo preto e letra branca.

Pessoas que enxergam: Aplica as mesmas condições dos usuários anteriores.

5.3 Elementos visuais da interface de usuário

A acessibilidade começa desde o início da execução do programa sendo iniciado de duas formas:

1. Executando o atalho instalado na área de trabalho.
2. Pressionando a combinação de teclas **Ctrl + Alt + G**.

5.3.1 Tela de boas vindas e tela inicial

Desde o início, o programa mostra uma tela (Splash screen), de boas vindas, e o sintetizador de fala é ativado, reproduzindo a seguinte mensagem *“Bem-vindo ao MatGrafvoice. Sistema de tratamento de funções matemáticas”*. Ver Figura 5.1. Essa tela é o primeiro contato do usuário com o programa, sendo destinado especialmente para as pessoas com total DV.



Figura 5.1: Tela de Boas vindas

A partir de agora, o sintetizador de fala atua como o principal assistente para o usuário permitindo interagir com o programa durante todo o processo. Na segunda tela inicial, o sistema reproduz a mensagem *“Por favor, pressione **Ctrl + Space** para ingressar ao menu principal”*. (Ver Figura 5.2).



Figura 5.2: Tela Inicial

O usuário que enxerga, pode executar diretamente os botões que estão numerados na Figura 5.2 e que são descritos a seguir:

1. Cria um documento vazio onde o usuário pode trabalhar no tratamento de funções matemáticas
2. Abre um documento existente.
3. Acessa às configurações do sistema.
4. Sair do sistema.

5.3.2 Tela de Menu Principal

O usuário com DV, ao pressionar simultaneamente as teclas **Ctrl + Espaço**, entra nas opções do **Menu Principal**. Nesta tela, o sistema instrui o usuário a usar as teclas **Setas** e **Enter** para selecionar uma opção.

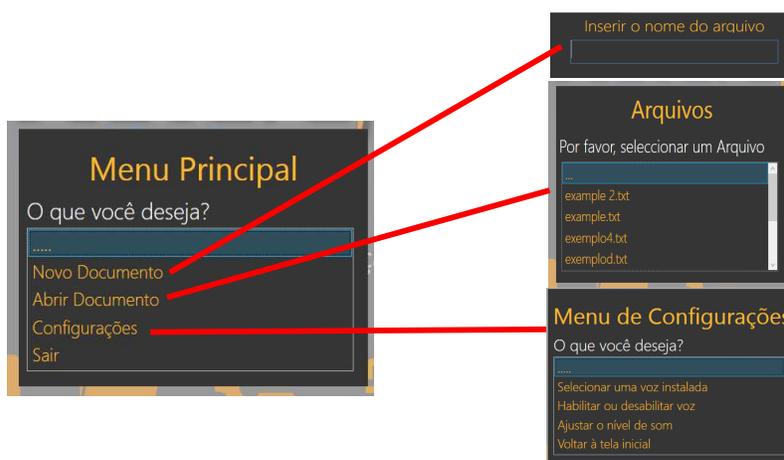


Figura 5.3: Opções do Menu Principal

A partir de agora, os caracteres do teclado pressionados pelo usuário serão escutados, estabelecendo assim a interatividade entre o usuário e o sistema.

Na Figura 5.3, apresenta-se a tela do **Menu Principal** e sub telas com seguintes opções:

- *Novo Documento*: Cria um novo documento. Solicita ao usuário inserir um nome para o documento.
- *Abrir Documento*: Abre um documento a partir de uma lista de documentos guardados no sistema.
- *Configurações*: Facilita a alteração de parâmetros definidos no sistema como:
 1. Selecionar uma voz instalada: Exibe uma lista de vozes instaladas no sistema.
 2. Habilitar ou desabilitar voz: Destinado especialmente para usuários que enxergam.
 3. Habilitar o volume de som: O usuário pode selecionar alguns níveis de som, com ajuste a suas necessidades.
 4. Voltar à tela inicial.

5.3.3 Tela de Área de trabalho

A Área de trabalho é a tela principal do aplicativo, de onde o usuário começa o trabalho. O usuário pode começar a inserir texto ou comandos para o processo de tratamento matemático.

Ao entrar na área de trabalho, quando o for criado um arquivo, o programa informa: “Área de trabalho (nome-arquivo) carregado. Editor de texto. Pressione a tecla F1 para obter ajuda nas diferentes opções disponíveis.”

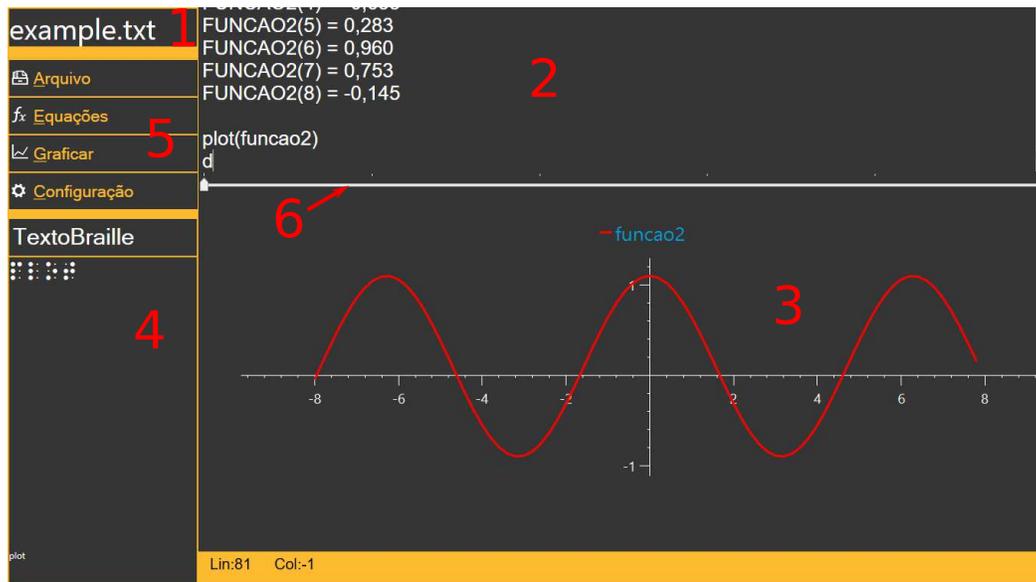


Figura 5.4: Área de trabalho do MatGrafvoice

A área de trabalho tem as seguintes características estruturais:

1. *Nome de Arquivo*: Apresenta o nome do arquivo inserido pelo usuário.
2. *Editor de texto*: Funciona como um editor convencional, além de permitir executar comandos que acionam os diferentes processos de tratamento matemático. Se o usuário não estiver familiarizado com a escrita manual dos comandos do sistema, ao pressionar a tecla F1, chama a tabela dos comandos exibida na Figura.
3. *Área de desenho*: Pelas suas características, é destinado para pessoas com certa DV ou para pessoas que enxergam.
4. *Texto Braille*: Na parte esquerda se apresenta uma caixa de leitura de texto Braille, destinado para pessoas que enxergam e querem fazer o seguimento da representação do texto para texto Braille.
5. *Menu deslizante*: Para usuários que enxergam, representa o acesso direto às mesmas funcionalidades dos processos da Figura 5.5.

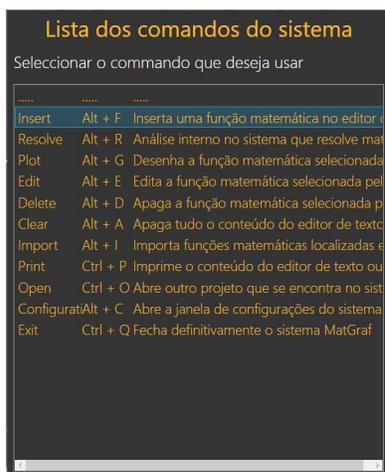


Figura 5.5: Comandos de processos do programa MatGrafvoice.

6. *Barra de zoom*: Para usuários com certa deficiência visual, atua como uma lente. Deslizando a barra para direita, acrescentam o tamanho de letra do editor de texto.

5.3.4 Telas para o Processo de tratamento Matemático

Para chamar os processos `resolve`, `plot`, e `print`, deve existir, ao menos, uma ou mais funções matemáticas inseridas no sistema. Exemplo, quando o usuário chama o processo `insert`, a mensagem “*Ainda não existem funções para que sejam analisadas. Por favor use o comando (`insert`) para inserir uma nova função*”, é ativada e mostrada uma tela de alerta.

Na figura 5.6, mostra-se as telas dos principais processos, sendo chamados desde o editor de texto. A sequência apresentada na imagem é a ordem processos que o usuário deve seguir para o processo de tratamento matemático quando cria um arquivo pela primeira vez.

- *insert*.- Abre a tela (**Formulário de nova função**), solicitando ao usuário inserir: **Nome da função**, **Variável**, **Função**, **Limite inferior**, **Limite Superior**, e **Incremento**. A informação inserida é validada em cada campo do formulário, mensagens de alerta se ativam no caso de algum erro. A variável usada no campo **Função**, deve ser a mesma definida no campo **Variável**. Validados os dados, o sistema armazena a função e suas características.
- *resolve*.- Abre uma tela listando as funções inseridas no sistema. Ao selecionar qualquer uma das funções, o sistema processa a função, e calcula os valores (x,y) para o desenho da função. O sucesso do processo é ativado uma mensagem de confirmação.
- *Plot*.- Abre uma lista com as funções que passaram pelo processo `resolve`. Ao selecionar qualquer uma das funções, o processo que desenha as funções na

área de trabalho é ativado. O sucesso do processo é ativado e exibido em uma mensagem de confirmação.

- *Print.*- Este processo `print` também pode ser chamado usando as teclas de atalho `Ctrl + P`. No primeiro campo, o sistema pede selecionar entre imprimir o conteúdo do editor de texto, ou selecionar a área de desenho. Selecionado o tipo de impressão, o sistema pede inserir o numero de copias que deseja imprimir, selecionar a impressora, entre uma lista de impressoras instaladas no sistema. Finalmente, o usuário pressiona duas vezes a tecla `Enter` para enviar a impressão. Uma mensagem de confirmação de envio é reproduzida e exibida para o usuário.

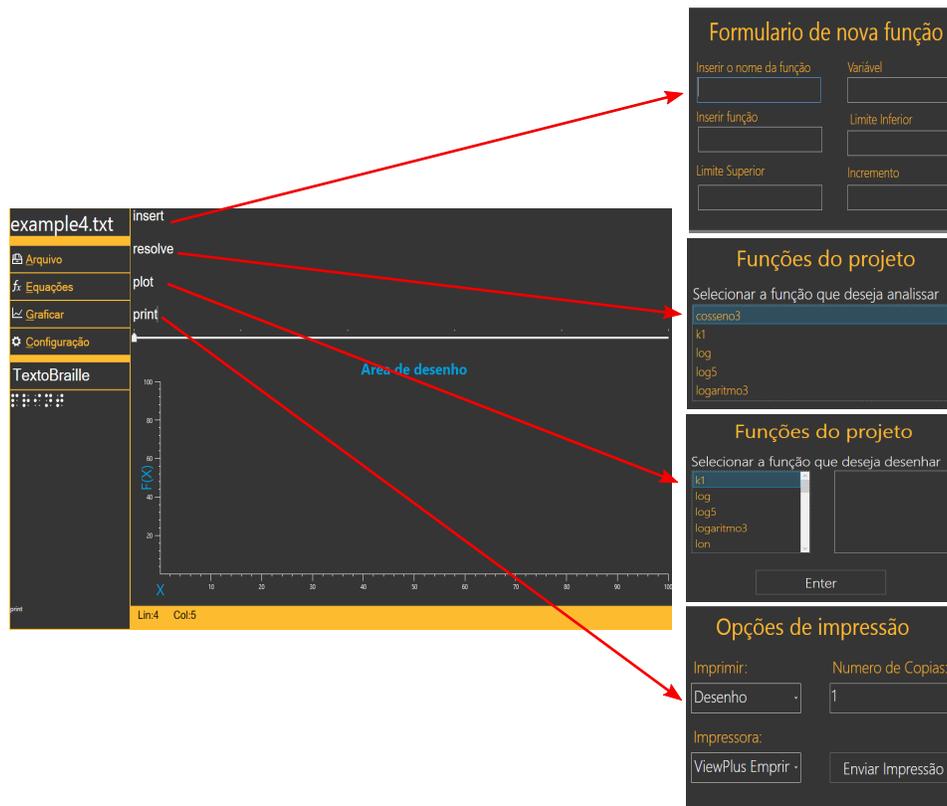


Figura 5.6: Processo de tratamento matemático do sistema MatGraVoice.

5.3.5 Tipos de mensagens no sistema.

As mensagens de confirmação de ações estão representadas nas seguintes categorias.

1. *Mensagens de execução correta*: Usados para representar ações bem sucedidas, por exemplo, quando o usuário envia para análise uma função usando o processo `resolve`. A cor do título da mensagem é azul, para diferenciar dos outros tipos de mensagens. Ver Figura 5.7.

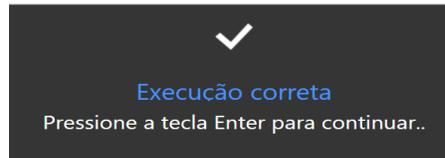


Figura 5.7: Mensagem de execução correta.

2. *Mensagens de Alerta*: Usados para representar mensagens de advertências antes de continuar com o processo, por exemplo, quando o usuário insere letras em um campo que só aceita números. A cor do título da mensagem é amarela para representar uma alerta. Ver Figura 5.8.

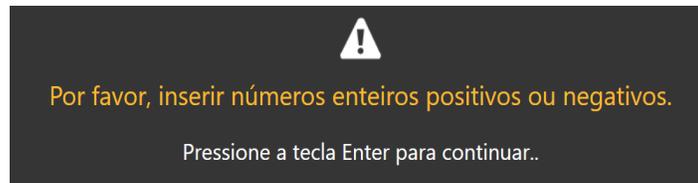


Figura 5.8: Mensagem de aletta.

3. *Mensagens de erro*: Usados para representar erros. Por exemplo quando a sintaxe da função inserida esta incorreta. A cor do título da mensagem é vermelho para representar um erro. Ver Figura 5.9.



Figura 5.9: Mensagem de erro.

4. *Mensagens de decisão*: Usados para decidir se uma ação é executada ou não. Por exemplo, quando, na tela de inserção de funções, o usuário decide voltar ao editor de texto, e não completa os campos do formulário. Ao pressionar a tecla ESC, uma mensagem de confirmação de solicitude é ativada. Ver Figura 5.10.

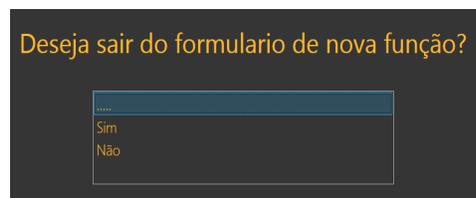


Figura 5.10: Mensagem de decisão.

Capítulo 6

Resultados de impressão Braille

6.1 Gráficos táteis

As representações táteis consistem em uma compensação da perda da visão. As partes de um desenho podem ser representadas em um papel especial formado a uma altura diferente do fundo. Isto permite que possam ser percebidos pelo tato. Os gráficos táteis podem ser construídos usando algumas técnicas e materiais, segundo descreve Way [39].

Gráficos - Termo-formados. Uma folha de plástico é aquecida e aspirada por cima de um molde que representa o desenho que será construído para sua representação tátil. Esse método permite a produção de desenhos em relevo de alta qualidade, mas é necessário moldar um modelo totalmente novo para cada desenho que vai ser reproduzido.

Swell Paper. Para impressora de relevos táteis e Braille, foi desenvolvido com micro cápsulas de alta qualidade que ao contato com a impressora térmica inflam a parte escrita ou desenhada. Pode-se obter linhas de altura elevada, mas é um processo muito caro.

Gráficos em relevo. Algumas impressoras Braille são capazes de produzir gráficos em relevo perfurando pontos no papel até dar forma aos gráficos. Esta é a melhor técnica de baixo custo. No entanto, são poucas as impressoras capazes de produzir desenhos táteis de alta qualidade variante. Exemplo, as Impressoras Tiger Embrossers [40].

Pelas características anteriormente mencionadas, para representar o conteúdo do editor de texto e os gráficos de funções matemáticas, usou-se a técnica mencionada por Walsh [40], a través da impressora Emprint SpotDot Braille Embosser. As características desta impressora, são semelhantes a uma impressora normal, sua função é imprimir em Braille em alto relevo o documento formatado desde qualquer computador, para que a pessoa com DV possa consultá-lo usando a leitura tátil.

6.2 Apresentação de resultados gráficos

A seguir, tem-se quatro exemplos de funções matemáticas (exponenciais, afim, trigonométrica e logarítmica). Cada uma delas, é representada em tabelas com suas representações 2-dimensional, lineal e Braille matemático. Além disso, exibe-se os gráficos no plano

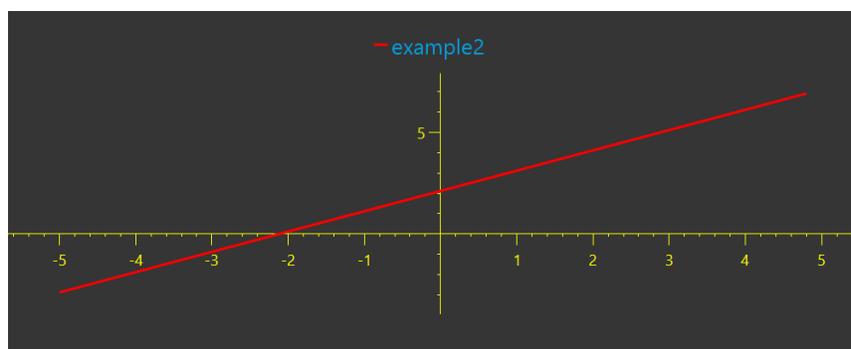


Figura 6.3: Representação da função afim na área de trabalho

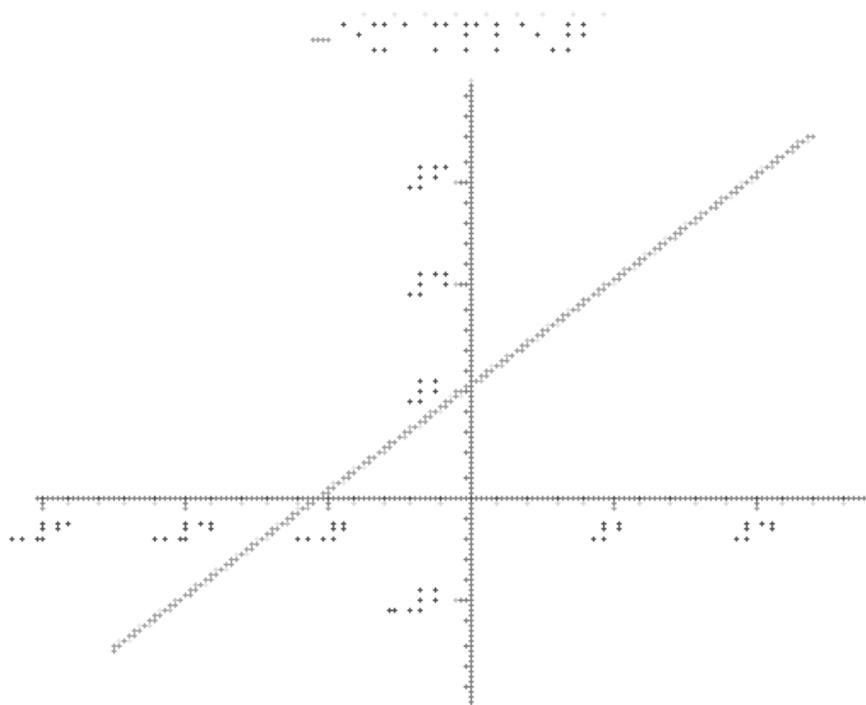


Figura 6.4: Representação em relevo da função afim

6.2.3 Gráfico da função trigonométrica

	Função
Representação 2-dimensional	$\cos x$
Representação linear	$\cos(x)$
Representação Braille	⠠⠠⠠⠠⠠⠠

Tabela 6.3: Representações da função cosseno

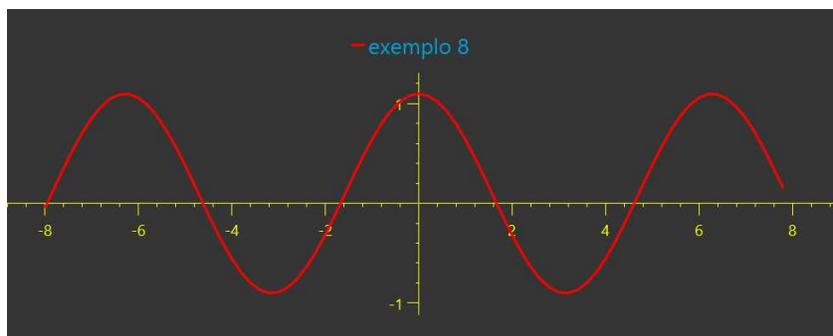


Figura 6.5: Representação da função cosseno na área de trabalho

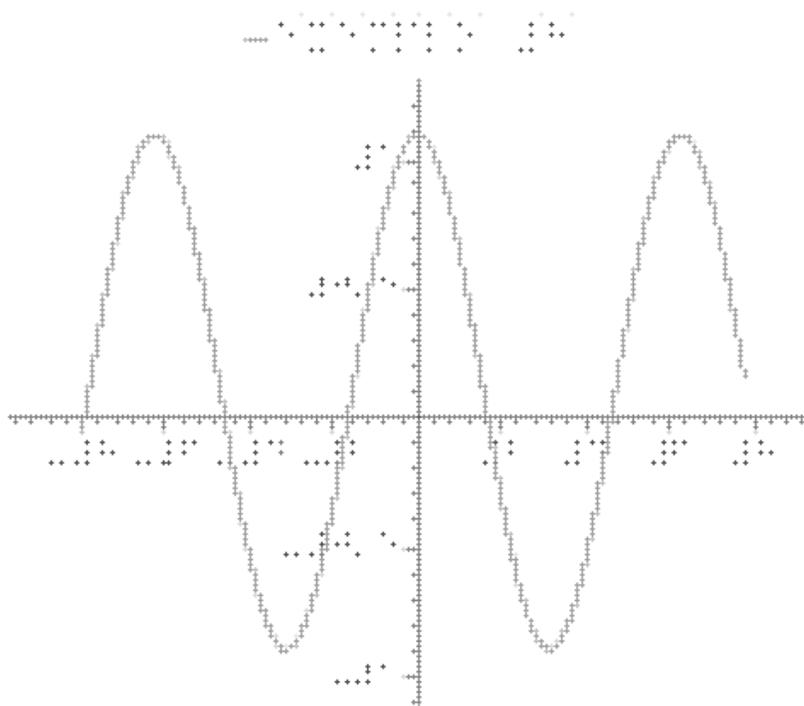


Figura 6.6: Representação em relevo da função cosseno

6.2.4 Gráfico da função logarítmica

	Função
Representação 2-dimensional	$\ln x$
Representação linear	$\ln(x)$
Representação Braille	⠠⠠⠠⠠⠠⠠

Tabela 6.4: Representações da função logarítmica

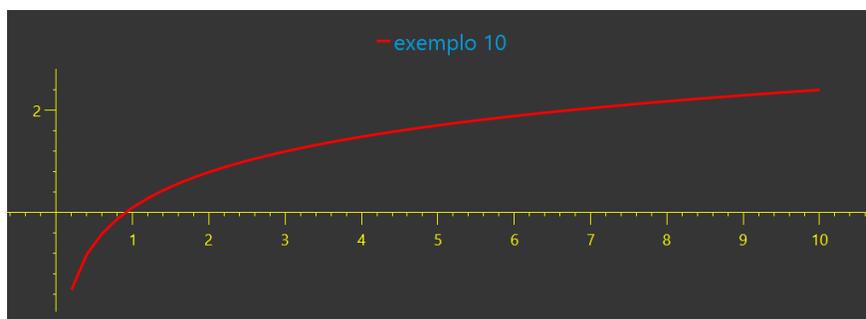


Figura 6.7: Representação da função logarítmica na área de trabalho

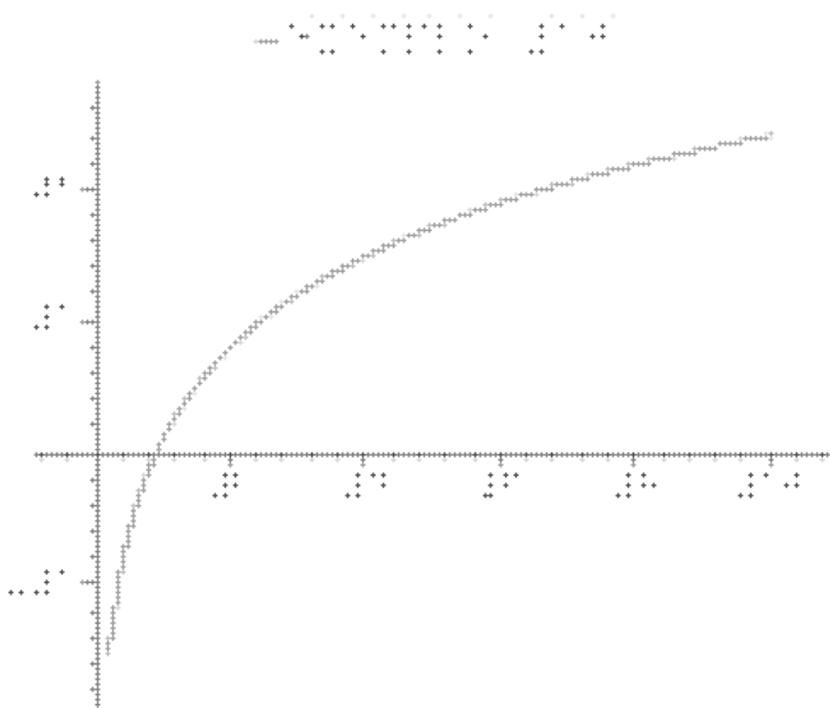


Figura 6.8: Representação em relevo da função logarítmica

6.3 Apresentação de resultados do editor de texto

Na Figura 6.9, mostra-se o editor de texto, com conteúdo inserido pelo usuário, contendo, além de texto normal, texto matemático. A cor branca da letra contrasta com o background-cor preto, para ajudar à visualização das pessoas com certa DV.

Definição de Funções Algébricas:

As funções obtidas por um número finito de operações algébricas são denominadas funções algébricas .

Por exemplo, a função $f(x) = \sqrt{x-1} / (x^2-4)$ é uma função algébrica .

Figura 6.9: Texto do conteúdo do editor de texto

O resultado da transcrição feita a partir da Figura 6.9, para caracteres Braille da língua portuguesa, exibe-se na figura 6.10.

Definição de Funções Algébricas:

As funções obtidas por um número finito de operações algébricas são denominadas funções algébricas .

Por exemplo, a função $f(x) = \sqrt{x-1} / (x^2-4)$ é uma função algébrica .

Figura 6.10: Transcrição Braille

Conclusões e trabalhos futuros

7.1 Conclusões

Das ferramentas pesquisadas no Brasil, algumas possibilitam acessibilidade no aprendizado da matemática, mas não fornecem nenhum material tátil. Outras ferramentas possibilitam a transcrição Braille, mas não permitem o estudo de funções matemáticas. Dos aplicativos consultados fora do Brasil focados na geração de funções matemáticas, nenhum consegue fornecer ao usuário uma total independência no momento de interagir com o equipamento, o que implica que o usuário dependa de uma terceira pessoa para se movimentar no sistema.

Acredita-se que a proposta de um sistema de tratamento de funções matemáticas e sua impressão Braille é uma ferramenta de apoio à pessoa com DV para o acesso ao aprendizado de matemática, contribuindo assim a comunicação entre os deficientes visuais e as pessoas que enxergam.

A impressão tátil, que o MatGrafoive fornece, permite que o usuário, por meio do uso das pontas dos dedos, faça um seguimento da leitura da linha da função impressa em relevo, tornando-se em um meio acessível para obter uma disseminação da informação do espaço de trabalho, além de ampliar sua percepção da forma física da função matemática.

Construiu-se uma ferramenta inovadora e inédita, que possibilita a inclusão do deficiente visual no estudo da matemática, permitindo as pessoas portadoras de deficiência visual atingirem conhecimentos e logrando uma aproximação de igualdade com as pessoas videntes.

Por meio do programa desenvolvido, é possível avaliar, desenhar e imprimir vários tipos de funções matemáticas a partir de seus parâmetros (limites superior e inferior, incrementos). Assim, o deficiente visual vai ser capaz de fazer diversos testes e obter suas próprias conclusões o que é fundamental para o estudo e aprendizado da matemática que é a base de uma grande variedade de áreas do conhecimento.

O programa desenvolvido tem características totalmente acessíveis que permitem ao

usuário portador de deficiência visual interagir com o sistema de maneira autônoma usando as teclas de atalho, sintetizador de fala e comandos. Além disso, o usuário pode também imprimir gráficos de funções matemáticas em altos relevos.

O sistema MatGraforce será registrado no Inova-Unicamp (i.e. o órgão responsável pela gestão da propriedade intelectual gerada na Unicamp) para que em seguida seja disponibilizado na internet.

7.2 Trabalhos futuros

O aplicativo desenvolvido ajuda ao DV na resolução e na visualização tátil dos desenhos de diferentes tipos funções matemáticas, no entanto o MatGraforce ainda deve ser atualizado com diversas funcionalidades que permitam ter um aplicativo mais poderoso e eficiente. Algumas destas características são as seguintes:

- Usando processamento de áudio, implementar um sistema que seja capaz de reproduzir funções matemáticas por meio de som, permitindo ao deficiente visual a ter uma previa antes da impressão da forma determinada da função.
- Implantação da resolução de funções de duas variáveis e representar gráficos de funções tridimensionais estabelecendo uma conexão com uma impressora 3D, nos baseando, por exemplo, na palestra de [41]. Pode-se pensar na possibilidade de trabalhar com funções de duas variáveis a partir de esculturas matemáticas, sabendo que a tecnologia de impressoras 3D tem se tornado mais popular e acessível.
- Blitab Technology tem criado uma Tablet para deficientes visuais, pode-se estudar a possibilidade de estabelecer contato com os fornecedores para adaptar o código para criar um app para que os gráficos das funções matemáticas sejam visualizados por meio deste dispositivo.
- Para avaliar a facilidade de uso e a aceitação do programa, é necessário realizar experimentos da usabilidade do MatGraforce em pessoas com DV que estejam inseridas no estudo da matemática.

Referências Bibliográficas

- [1] M. J. BALL, J. V. DOUGLAS, and L. F. LUNIN, “Informatics and education in the health professions,” *Journal of the American Society for Information Science*, vol. 39, no. 5, pp. 344–347, 1988.
- [2] M. M. G. BRUNO, “Educação infantil: saberes e práticas da inclusão: introdução,” *Brasília: MEC, Secretaria de Educação Especial*, p. 45, 2006.
- [3] M. Brasil, “Diretrizes nacionais para a educação especial na educação básica,” *Secretaria de Educação Especial. Brasília: MEC/SEESP*, 2001.
- [4] CNE, “Câmara de educação básica. resolução cne/ceb 2/2001,” in *Conselho Nacional de Educação*, vol. 1, pp. 39–40, 2001.
- [5] C. FRASSON, R. PIETROCHINSKI, and C. SCHULMEISTER, “Auditory Deficient People: His Educative and Social Inclusion by Norbert Elias,” *XI Simposiio Internacional Proceso Civilizador*, pp. 182–191, Nov. 2008.
- [6] N. CORREIA, A. BRAGA, and B. MORAES, “Problemas Fundamentais da Defectologia: Aproximações Preliminares à luz do legado de Vigoski,” *Revista Eletrônica Arma da Crítica*, 2010.
- [7] C. BATISTA, “Formação de conceitos em crianças cegas: questões teóricas e implicações educacionais,” *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, vol. 21, no. 1, pp. 007–015, 2005.
- [8] J. E. F. DEL CAMPO, *La enseñanza de la matematica a los ciegos*. 1986.
- [9] M. A. BUHAGIAR and M. B. TANTI, “Working toward the inclusion of blind students in malta: The case of mathematics classrooms,” *Eğitimde Kuram ve Uygulama*, vol. 7, no. 1, pp. 59–78, 2013.
- [10] D. SCHLEPPENBACH, “Teaching Science To The Visually Impaired: Purdue University’s Visions Lab,” vol. 3, no. 4, 1996.
- [11] J. B. CERQUEIRA *et al.*, “Grafia braille para a língua portuguesa,” *Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. SEESP*, 2006.

- [12] D. BENYON, P. TURNER, and S. TURNER, *Designing Interactive Systems: People, Activities, Contexts, Technologies*. Addison-Wesley, 2005.
- [13] E. R. PACHECO and E. M. SHIMAZAKI, “Matemática para alunos com necessidades especiais,” *RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais*, vol. 1, no. 1, pp. 87–94, 2010.
- [14] J. A. BORGES, “Dosvox: um novo acesso dos cegos à cultura e ao trabalho,” *Revista Benjamin Constant*, n, 1996.
- [15] P. DosVox, “Disponível em <http://intervox.nce.ufrj.br/dosvox>,” *Acessado em outubro de*, 2006.
- [16] J. SANMIGUEL, “Desenvolvimento de um programa aplicativo de uso para deficientes visuais que proporciona a implementação de cálculo de formas matemáticas num editor de texto,” in *Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade Estadual de Campinas*, vol. 1, pp. 1–3, 2010.
- [17] P. H. M. CAMPOVERDE and L. C. Martini, “Calculadora financiera finanvox: Herramienta informática educativa de apoyo para deficientes visuales en su proceso de formación académica,” in *Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, vol. 1, pp. 1–4, 2011.
- [18] H. TAVARES, “Minimatecavox: Aplicativo de Ensino Matemático para Crianças Deficientes Visuais em Fase de Alfabetização,” in *Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas.*, vol. 1, pp. 1–7, 2014.
- [19] S. F. d. O. LIMA, *Proposta de um sistema computacional utilizando metáforas aderentes à escrita e leitura musical por deficientes visuais e seus acompanhantes, utilizando células hexadecimais com quatro pontos em relevo, conceitos da numerofonia e a codificação numérica do Código Braille*. PhD thesis, 2013.
- [20] C. MORENO, “GEOMETRIC VOICE: Interação dos Deficientes Visuais com o Tratamento de Figuras Geométricas e sua Visualizaçã Tátil através de uma Impressora Braille,” in *Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas.*, vol. 1, pp. 1–3, 2014.
- [21] A. NAZEMI, I. MURRAY, and N. MOHAMMADI, “Mathspeak: An audio method for presenting mathematical formulae to blind students,” in *Human System Interactions (HSI), 2012 5th International Conference on*, pp. 48–52, IEEE, 2012.
- [22] J. WALL *et al.*, “Nasa-helping the blind to see science and math,” 2012.
- [23] M. Mech, K. Kwatra, S. Das, P. Chanana, R. Paul, and M. Balakrishnan, “Edutactile—a tool for rapid generation of accurate guideline-compliant tactile graphics for science and mathematics,” in *Computers Helping People with Special Needs*, pp. 34–41, Springer, 2014.

- [24] M. M. G. BRUNO and M. G. B. MOTA, “Programa de capacitação de recursos humanos do ensino fundamental: deficiência visual,” *Brasília: Ministério da Educação*, vol. 2, 2001.
- [25] V. de SÁTIMA SVIECH, “O ensino de matemática na perspectiva do aluno cego,” 2009.
- [26] A. H. NUERNBERG, “Contribuições de vigotski para a educação de pessoas com deficiência visual,” *Psicologia em Estudo*, vol. 13, no. 2, pp. 307–316, 2008.
- [27] R. FERRONATO *et al.*, “A construção de instrumento de inclusão no ensino de matemática,” 2002.
- [28] A. JACKSON, “Communications-the world of blind mathematicians,” *Notices of the American Mathematical Society*, vol. 49, no. 10, pp. 1246–1251, 2002.
- [29] A. KARSHMER, G. GUPTA, and E. PONTELLI, “Mathematics and accessibility: a survey,” in *Proc. 9th International Conference on Computers Helping People with Special Needs*, vol. 3118, pp. 664–669, 2007.
- [30] E. FOULKE, “5. reading braille,” *Tactual perception: A sourcebook*, p. 168, 1982.
- [31] L. V. M. VIGINHESKI, A. C. FRASSON, S. d. C. R. d. SILVA, and E. M. SHIMAZAKI, “The braille system and maths teaching for blind people,” *Ciência & Educação (Bauru)*, vol. 20, no. 4, pp. 903–916, 2014.
- [32] S. AMATO, “Standards for competence in braille literacy skills in teacher preparation programs,” *Journal of Visual Impairment & Blindness (JVIB)*, vol. 96, no. 03, 2002.
- [33] P. MITTLER and W. B. FERREIRA, *Educação inclusiva: contextos sociais*. Artmed, 2003.
- [34] L. MARCELLY, “As histórias em quadrinhos adaptadas como recurso para ensinar matemática para alunos cegos e videntes,” 2010.
- [35] E. R. LEMOS and J. B. CERQUEIRA, “O sistema braille no brasil,” *Revista Benjamin Constant—Ministério da Educação e do Desporto, N*, p. 26, 2013.
- [36] M. ABRAMOWITZ, I. A. STEGUN, *et al.*, “Handbook of mathematical functions,” *Applied Mathematics Series*, vol. 55, p. 62, 1966.
- [37] A. I. KARSHMER, *Mathematics for Blind People*. Springer, 2004.
- [38] C. STEPHANIDIS, “User interfaces for all: New perspectives into human-computer interaction,” *User Interfaces for All—Concepts, Methods, and Tools*, vol. 1, pp. 3–17, 2001.
- [39] T. P. WAY, *Automatic generation of tactile graphics*. PhD thesis, Citeseer, 1996.
- [40] P. WALSH and J. A. GARDNER, “Tiger, a new age of tactile text and graphics,” in *Proc. CSUN*, vol. 2001, 2001.

- [41] S. Gerofsky, “Digital mathematical performances: Creating a liminal space for participation,” in *Educational Paths to Mathematics*, pp. 201–212, Springer, 2015.

Apêndice A

Anexos

XVI Encontro Nacional de Usuários Dosvox Tratamento matemático e visualização tátil de funções matemáticas através de uma impressora Braille

L. León Q, L. C. Martini, C. Moreno-Chaparro.
loreleon@decom.fee.unicamp.br, martini@decom.fee.unicamp.br, crismore@decom.fee.unicamp.br
 Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação (FEEC)
 Departamento de Comunicações (DECOM)
 Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) – São Paulo, Brasil.

Abstract — In this research, is presented innovative mathematical tool software intended for blind people. In addition to the results obtained by the mathematical function analysis. Through a text edit; the software allow insert, edit, and delate functions in a dynamic way, building up their graphical representation by dots obtained in the mathematical process. All of this in a single environment, and printing the results using the Braille Tiger printer. Accessibility features of the software, like speech synthesizer, inserted command by shortcuts, allows the user interact in the complete mathematical process. The main goal of this software, is the easy availability for the user to analyze, generate and print in a right way through a Braille printer previously installed and customized.

Resumo — Neste trabalho de pesquisa é apresentado um inovador aplicativo matemático destinado a pessoas com deficiência visual. Além dos resultados obtidos nas análises de funções matemáticas. Usando um editor de textos, o programa permite inserir, editar, e eliminar funções de forma dinâmica, construindo sua representação gráfica com a utilização de pontos obtidos no tratamento matemático da função, tudo isto em um só ambiente visual e com a impressão usando uma impressora Braille Tiger. As características de acessibilidade do programa como, por exemplo, o sintetizador de fala, os comandos inseridos em linguagem natural e as teclas de atalho, permitirão ao deficiente visual interagir com o aplicativo desde o início até o fim do tratamento matemático. O foco principal do programa é fazer um tratamento, análise de resultados e geração de funções matemáticas que serão impressas através de uma impressora Braille adequadamente instalada e programada.

Palavras-chaves — *Acessibilidade, Braille, Deficiente visual, funções matemáticas, Impressão Tátil, matemática, Relevo Braille.*

I. INTRODUÇÃO

A pesar do intento para que as novas tecnologias não sejam uma barreira de comunicação para as pessoas com deficiência visual, existem ainda muitos sistemas informáticos que são desenvolvidos sim atingir às necessidades das pessoas que não enxergam porque ainda não conseguem dar ao usuário uma independência e autonomia na realização de tarefas.

O estudo das matemáticas é difícil para muitas pessoas que enxergam, então, não é tarefa fácil para as pessoas com deficiência visual. Para estes últimos, isso limita opções de estudo e oportunidades futuras de inclusão social em grandes empresas que ofereçam vagas de trabalho. No entanto segundo [1], pode-se afirmar que não há nenhuma razão para que a semântica matemática não possa ser entendida por causa da cegueira, mas deve-se entender que a maior barreira é o acesso ao conteúdo da matemática já que o deficiente visual tem maior dificuldade no aprendizado das matemáticas quando tem que processar muita informação ao mesmo tempo de forma mental. Seu grau de acesso diminui à medida que aumenta o nível de informação. A chave é utilizar, instrumentos e técnicas de trabalho próprias para que se adaptem a cada situação particular, interagindo professor-aluno, priorizando a utilização de técnicas e materiais adaptativos [2, 3].

Surge então a seguinte questão: como fornecer ao deficiente visual uma ferramenta computacional que permita de fato estudar e aprender essas áreas do conhecimento científico?

Com as premissas anteriormente mencionadas, este trabalho de pesquisa visa projetar as características e os resultados de um programa totalmente acessível destinado especialmente aos usuários com deficiência visual total ou parcial, mas que também poderá ser usado por pessoas que enxergam, permitindo interagir, estudar e trabalhar de maneira independente nas áreas do conhecimento científico.

Neste artigo apresentam-se as diferentes observações, soluções e conclusões parciais dos resultados obtidos na realização da impressão de gráficos de funções no formato Braille junto com visualizações táteis ou com relevos no desenvolvimento e compreensão de curvas de funções matemáticas no plano cartesiano, sendo isto possível através da interação do programa com uma impressora Braille que fornece impressão de pontos em alto relevo [4].

Education and Social inclusion of People with Visual Impairment in the Study of Mathematical Functions

Lorena C. León¹, and Luiz C. Martini²

¹Universidade Estadual de Campinas, loreleon@decom.fee.unicamp.br

²Universidade Estadual de Campinas, martini@decom.fee.unicamp.br

Abstract: The article addresses the inclusion of people with visual impairments, focused especially in teaching and learning mathematics. Innovative software that allows full accessibility to build mathematical formulas and print your curves shapes on a Braille printer was developed, providing a tactile visualization of waveform referred to mathematical function entered for analysis in order to the visually impaired person can build a mental vision of the waveform.

The present research is part of a effort to develop software tools to support educations in related areas of mathematics, physics and chemical for people with total or partial visual impairment, and professors that works with this kind of people.

Keywords: Accessibility, Braille, mathematical functions, tactile impression, visual impairment.

1. Introduction

The of mathematics is a little difficult matter for people, thus, for people with visual impairment obviously is not an easy task by limiting the study options, learning and social inclusion.

The greatest barrier to the study of mathematics is mentalizing abstract of concepts. People with partial or total blindness, usually have a great capacity for abstraction, but usually have great difficulty in learning mathematics, precisely because they lack alternative ways that allows them to assimilate the concepts underlying mathematical formulas (Iriarte, 2006).

The constant tactile user interaction with the printed design in relief help recognize consciously and automatic mathematical functions developed by the user system, raising the motivation and creativity of the user for the design of other mathematical functions. The innovative tactile impression is a potential resource that enables the visual impairment people to glimpse an approximation of equality with people who can see and can understand and study other sciences that involve mathematics (Jackson, 2006), (Oouchi, 2004).

Also another method that helps understanding the mathematical process is the combination of a text editor with a speech synthesizer that allows the user to hear what they produces in the text editor, this is a benefit for people with full visual impairment or partial as it helps interpret and understand content that was written in the text editor (Rosegrant, 2004). In general a binomial representation (meaning the simultaneous use of visual and auditory capacity) content improving processing speed and increasing memory recall.

To interpret the content of the text editor is used the write and read system for people with visual impairments known as Braille, it represents different characters using six raised dots arranged in two columns and enables the formation of 63 different symbols that are used in literary texts, beyond the mathematic symbolism in different languages (IBC, link).

2. MatGraf System Introduction for Mathematical Treatment with Tactile Visualization

The convergence between new technologies and education, forces to search for new teaching tools and learning alternatives that transform the educational environments in new accessibility concepts to school knowledge at all levels (Carvalho, 2001). This work has been developed to eliminate the communication barrier, increasing accessibility for integrate people with visual impairments in

Mathematical Functions Treatment and Visualization through Braille Impression

Focus in education for people with visual impairment

Lorena León, loreleon@decom.fee.unicamp.br
 Universidade Estadual de Campinas
 Campinas, São Paulo, 13083-852, Brazil

Luiz Cesar Martini, martini@decom.fee.unicamp.br
 Universidade Estadual de Campinas
 Campinas, São Paulo, 13083-852, Brazil

and

Cristhian Moreno-Chaparro, cristian@decom.fee.unicamp.br
 Universidade Estadual de Campinas
 Campinas, São Paulo, 13083-852, Brazil

ABSTRACT

This work deals with the issues of learning and understanding mathematics for people with some degree of visual impairment, besides the development of an innovator software system for the mathematical functions treatment with accessible resources to help those people with total or partial visual disabilities. The program's accessibility features, i.e. the speech synthesizer, commands for natural typing and shortcuts keys, allow the user interact with the application from the beginning to the end of the mathematical treatment. The main focus of this system is making a mathematical function treatment, result analysis, and finally impress this in a format properly programmed for a Braille printer. The solution proposed by this paper was made than the students with visual impairments can learn and use mathematical functions and operations with the help of tactile impression of mathematical functions in their graphical representation. This project is part of several research works oriented to develop software tool to support educations in mathematics, physics and chemical for people with total or partial visual impairment, and professors who works with this kind of people.

Keywords: Accessibility, Braille, mathematical functions, tactile impression, visual impairment.

1. INTRODUCTION

In a general way by the abstraction and the need of all our senses, the study of mathematics is a little difficult matter for the people, then, for people with visual impairment obviously is not an easy task. Thus, for people with visual impairments this limits their study options and future opportunities for social inclusion in huge companies that offer job openings. However according to [1], it can be stated that there is no reason why the mathematical semantics cannot be understood because of blindness, but it should be understood that the biggest barrier is the access to the content of mathematics because the visual disabled has greater difficulty in learning math when they have to process a lot of information at the same time in a mental form. Their degree of access will decrease as they increase the level of information. The key is to use, own tools and working

techniques to fit each particular situation, interacting teacher-and-student, prioritizing the use of adaptive techniques and materials [2,3]. The task for mathematical function presentation in an accessible way both in reading as in the graphical representation is quite complex, but there are well established techniques to help students with visual impairments in the study of this matter.

One of these methods is the write and read system for people with visual impairments known as Braille, it represents different characters using six raised dots arranged in two columns, enables the formation of 63 different symbols that are used in literary texts, beyond the mathematic symbolism in different languages [4].

In this work, the interpretation of mathematical functions and text editor content is done through the use of Braille codes approved by the Ministry of Education of Brazil (MEC), described in Braille spelling of the Portuguese language which sets the standards for encoding written notation, mathematical and scientific linearly turning into a compact markup language readable by the visual impairment person.

The constant tactile user interaction with the printed design in relief, helps recognize consciously and automatic mathematical functions developed by the user system, raising the motivation and creativity of the user for the design of other mathematical functions. The innovative tactile impression is a potential resource that enables the visual impairment to glimpse an approximation of equality with people who can understand and study mathematics and physics, among other sciences.

Also another method that helps in understanding the mathematical process is the combination of a text editor with a speech synthesizer, that allows the user to hear what they produces in the text editor, this is a benefit for people with full visual impairment. or partial as it helps interpret and understand content that was written in the text editor [5]. In general a binomial representation (meaning the simultaneous use of visual and auditory capacity) content improving processing speed and increasing memory recall.

Tools for Teaching Mathematical Functions and Geometric Figures to Tactile Visualization through a Braille Printer for Visual Impairment People

Lorena León, loreleon@decom.fee.unicamp.br
 Universidade Estadual de Campinas
 Campinas, São Paulo, 13083-852, Brazil

Luiz Cesar Martini, martini@decom.fee.unicamp.br
 Universidade Estadual de Campinas
 Campinas, São Paulo, 13083-852, Brazil

and

Cristhian Moreno-Chaparro, cristian@decom.fee.unicamp.br
 Universidade Estadual de Campinas
 Campinas, São Paulo, 13083-852, Brazil

Abstract

In this article, we showed the features and facilities offered by two new computer programs developed for the treatment and generation of geometric figures and math functions, through a Braille printer designed for visually impaired people. The programs have complete accessible features, in which users with full visual impairments can communicate with the systems via short-keys, and the speech synthesizer. The system sends sound messages that will accompany the user during all the process to generate geometrical figures or to do a mathematical treatment. Finally, a tactile visualization displays as the results to the person with visual impairment, thus they will be able to complete their geometry and mathematical studies.

Key words: Accessibility, Braille, mathematical functions, tactile impression, visual impairment.

1. INTRODUCTION

Nowadays, breakthrough technologies have greatly facilitated the access to education, and that evolution trends are present in the teaching process for mathematics and geometry in general. Simplifying the access to certain issues and problems presented in the everyday learning process. Thus, this new technologies are offering new ways to represent and manipulate math symbols, figures and math functions, enabling choices about the content and pedagogy that have never seen before [1].

According to Batista [2]. People with visual impairment can interpret geometric and mathematical concepts from tactile and sound methods. Then, with these concepts in mind, users can discover links and develop spatial sense, designing, measuring, viewing, comparing, sorting and transforming figures and mathematical functions. Thus, you may create resources to help math and geometry teaching with viewing means and concrete materials that exploit the tactile functions to build knowledge, from the graphical interpretation of functions and geometric figures.

Research groups in Brazil have developed some computational tools that communicate with the users via

speech synthesis. Thus, helping to perform tasks like text editing, use of calculators, e-mail service, among others [3]. Although, many of these programs do not allow the users with visual disabilities to have full independence and control, especially when they want to both create and format mathematical functions from their given equation generator, also for drawing geometric figures with their respective tactile impression.

In this research project, we will show two developed solutions for those students; with full or partial visual impairment, can learn and create geometric figures from its mathematical equations, as well as create graphics based on mathematical parameters of the function, without having the user depend on a third person. In this fashion, the system allows them to experience their designs and learn the relations with the functions. Furthermore, these new tools enable a better communication between the teacher and the visual impaired student. In addition, it can have other applications, not just for math classes, we could extend to physics, chemistry, and basic electronics among others. These new systems are thought for people with partial or complete visual impairment, and teachers who deal with visually impaired students.

2. METHODOLOGY

The development and design of both GEOMETRICVOICE and MATGRAFVOICE application software comes from the need of visually impaired people in understanding and creating geometric figures; as well as, generate graphics of mathematical functions, respectively. These programs have common characteristics, like their communication with the user through speech synthesis and the use of a text editor to insert commands, allow the execution of tasks. The voice synthesizer created through the artificial production of human, has the ability to convert text into speech.

The programs allow interaction of visual impaired user, with the computer and its peripherals in an easy and fast way. For visualization, the geometric figures and graphs of mathematical functions need to be shown through a tactile