

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA**

CLARINE FERNANDES MADUREIRA

**TECNOLOGIAS ASSISTIVAS NO ENSINO DE FUNÇÕES LOGARÍTMICAS
PARA UM ALUNO CEGO: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA**

OURO PRETO - MG

2025

CLARINE FERNANDES MADUREIRA

**TECNOLOGIAS ASSISTIVAS NO ENSINO DE FUNÇÕES LOGARÍTMICAS
PARA UM ALUNO CEGO: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA**

Monografia apresentada à Banca Examinadora,
como exigência parcial à obtenção do grau de
licenciada em Matemática pela Universidade
Federal de Ouro Preto, sob orientação do Prof. Dr.
Edmilson Minoru Torisu.

OURO PRETO - MG

2025

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

M183t Madureira, Clarine Fernandes.

Tecnologias assistivas no ensino de funções logarítmicas para um aluno cego [manuscrito]: um relato de experiência. / Clarine Fernandes Madureira. - 2025.
53 f.

Orientador: Prof. Dr. Edmilson Minoru Torisu.
Monografia (Licenciatura). Universidade Federal de Ouro Preto.
Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Graduação em Matemática .

1. Tecnologia Assistiva. 2. Pessoas com deficiência visual. 3. Cegos - Educação - Matemática. I. Torisu, Edmilson Minoru. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 51:376

Bibliotecário(a) Responsável: Soraya Fernanda Ferreira e Souza - SIAPE: 1.763.787



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS
COLEGIADO DO CURSO DE LICENCIATURA EM
MATEMÁTICA



FOLHA DE APROVAÇÃO

Clarine Fernandes Madureira

Tecnologias assistivas no ensino de funções logarítmicas para um aluno cego: um relato de experiência

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de licenciada em Matemática

Aprovada em 03 de setembro de 2025

Membros da banca

Dr. Edmilson Minoru Torisu - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto
Ma. Érica Resende Malaspina - Universidade Federal de Ouro Preto

Edmilson Minoru Torisu, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 22/09/2025



Documento assinado eletronicamente por **Edmilson Minoru Torisu, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 24/09/2025, às 11:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0963970** e o código CRC **252E62A0**.

Referência: Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.010485/2025-01

SEI nº 0963970

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35402-163
Telefone: (31)3559-1700 - www.ufop.br

"Ser capaz de recomeçar sempre, de fazer, de reconstruir, de não se entregar, de recusar burocratizar-se mentalmente, de entender e de viver a vida como processo, como vir a ser..."

(Paulo Freire)

RESUMO

Este trabalho apresenta o relato da experiência vivenciada por mim, durante o período em que atuei como colaboradora pedagógica de um aluno cego, matriculado no segundo ano do ensino médio de uma instituição pública do estado de Minas Gerais. Minha principal função era propor e implementar adaptações de métodos e materiais didáticos para o ensino de Matemática, visando à aprendizagem do aluno. Foram vários os conteúdos matemáticos abordados e adaptados ao longo dessa jornada. Para o presente trabalho, optei por apresentar as adaptações realizadas para o ensino das funções logarítmicas, incluindo a construção de gráficos e estudo de sinais para determinação de domínios por meio de recursos como *software* leitor de tela, material tátil multiplano e a escrita em LaTeX. A experiência envolveu estratégias que ultrapassaram a mera adaptação de elementos gráficos, considerando também a linguagem, a organização das informações e a tradução de conceitos visuais em descrições táteis e auditivas. A experiência evidenciou que a personalização do processo de ensino, aliada ao uso de tecnologias assistivas e recursos concretos, favoreceu a aprendizagem do aluno, tornando-o mais autônomo na resolução de problemas e no entendimento dos conceitos matemáticos. O estudo contribui para a discussão sobre práticas inclusivas no ensino de matemática e evidencia a importância de se pensar metodologias que contemplem, de forma efetiva, as necessidades de alunos com deficiência visual.

Palavras-chave: Tecnologias Assistivas; Deficiência Visual; Educação Matemática Inclusiva; Função Logarítmica.

ABSTRACT

This monograph presents an account of the experience I had during the period I worked as a pedagogical assistant to a blind student, enrolled in the second year of high school at a public institution in the state of Minas Gerais, Brazil. My primary role was to propose and implement adaptations to methods and teaching materials for Mathematics instruction, aiming to facilitate the student's learning. Several mathematical topics were addressed and adapted throughout this journey. For this particular work, I chose to present the adaptations developed for teaching logarithmic functions, including the construction of graphs and the analysis of signs for determining domains. These were achieved using resources such as screen reader software, the tactile Multiplano material, and writing in LaTeX. The implemented strategies went beyond the mere adaptation of graphical elements, also considering language, the organization of information, and the translation of visual concepts into tactile and auditory descriptions. The experience demonstrated that personalizing the teaching process, combined with the use of assistive technologies and concrete resources, significantly supported the student's learning, fostering greater autonomy in problem-solving and understanding mathematical concepts. This study contributes to the discussion on inclusive practices in mathematics education and highlights the importance of developing methodologies that effectively address the needs of students with visual impairments.

Keywords: Assistive Technologies; Visual Impairment; Inclusive Mathematics Education; Logarithmic Function.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Alfabeto Braille.....	24
Figura 2: Símbolos em Braille utilizados na matemática.....	24
Figura 3: Representação de uma fração em Braille.....	25
Figura 4: Interface do Dosvox.....	27
Figura 5: Outros utilitários do Dosvox.....	28
Figura 6: Calculadora vocal do Dosvox.....	28
Figura 7: Kit Multiplano.....	29
Figura 8: Pinos $x+2$ em Braille.....	30
Figura 9: Semelhança de triângulos no Multiplano.....	31
Figura 10: Teste com o NVDA para a leitura de diferentes elementos de um texto.....	34
Figura 11: Tabulação em LaTeX da função $f(x)=2^x$	38
Figura 12: Gráfico da função $f(x)=2^x$	39
Figura 13: Tabulação em LaTeX da função $f(x) = \log_2(x)$	41
Figura 14: Gráfico da função $f(x) = \log_2(x)$	41
Figura 15: Relação de reflexão entre as funções exponencial e logarítmica.....	42
Figura 16: Estudo de sinais do domínio de $f(x) = \log_{x-1}(3-x)$	43
Figura 17: Registro das inequações da função $f(x) = \log_{x-1}(x^2 - 9)$	43
Figura 18: Estudo de sinais da inequação quadrática.....	44
Figura 19: Estudo de sinais do domínio da função no Multiplano.....	45
Figura 20: Registro do domínio da função $f(x) = \log_{x-1}(x^2 - 9)$	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tabulação da função $f(x) = 2^x$	38
Tabela 2: Tabulação da função $f(x) = \log_2(x)$	40

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. EDUCAÇÃO INCLUSIVA.....	14
3. EDUCAÇÃO MATEMÁTICA INCLUSIVA.....	17
4. TECNOLOGIAS ASSISTIVAS NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA.....	19
5. TECNOLOGIAS ASSISTIVAS NO ENSINO DE MATEMÁTICA PARA ALUNOS COM DEFICIÊNCIA VISUAL.....	22
5.1 NVDA.....	26
5.2 DOSVOX.....	27
5.3 Multiplano.....	29
6. RELATO DE EXPERIÊNCIA: ACOMPANHAMENTO PEDAGÓGICO DE UM ALUNO CEGO.....	32
6.1 Perfil do aluno e contextualização do apoio.....	32
6.2 A Escrita Matemática e a Linguagem Acessível: aproximações com o LaTeX e a programação.	34
6.3 Função Logarítmica: estratégias e recursos didáticos.....	36
6.3.1 Construção da relação de simetria em $x = y$ entre os gráficos das funções exponencial e logarítmica.....	37
6.3.2 O domínio da função logarítmica.....	42
7. PODEMOS FALAR DE INCLUSÃO NO CASO DO PEDRO?.....	47
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	49
9. REFERÊNCIAS.....	51

1. INTRODUÇÃO

O ensino de Matemática sempre foi pautado por uma lógica que privilegia o visual: gráficos, esquemas, figuras, eixos cartesianos. No entanto, quando nos deparamos com educandos que não compartilham conosco dessa forma de percepção, como um aluno cego, somos convidados a repensar nossos métodos, recursos e até mesmo os conceitos que consideramos fundamentais.

No caso de alunos cegos ou com baixa visão, perguntas do tipo – como tornar acessível o estudo dos conteúdos matemáticos para esses alunos? Quais recursos utilizar? Como? O que eles oferecem para ajudar o professor e o estudante durante o processo de ensinar e aprender matemática? Como os recursos podem contribuir para o processo de inclusão de alunos com deficiência visual?, povoam o pensamento daqueles que lidam com o ensino de Matemática (e outras disciplinas) para alunos com essa deficiência. Mais que perguntas que ensejam respostas, elas servem para que possamos refletir em torno da inclusão de pessoas cegas ou com baixa visão, particularmente no que diz respeito aos recursos que podem tornar possível uma inclusão, de fato.

Recentemente, muito tem se falado acerca das tecnologias assistivas, que podem ser consideradas como um conjunto, não somente de recursos, mas de metodologias, práticas e serviços que proporcionam, às pessoas com deficiência, maior autonomia com vistas a uma melhor qualidade de vida.

Embora a palavra tecnologia possa remeter à ideia de tecnologias digitais, não devemos reduzi-la a apenas essa compreensão. Veraszto *et al.* (2009, p. 21), baseado em Rodrigues (2001), nos conta que “a palavra tecnologia provém de uma junção do termo *tecno*, do grego *techné*, que é saber fazer, e *logia*, do grego *logus*, razão. Portanto, tecnologia significa a razão do saber fazer”. Os autores consideram que a tecnologia é o estudo da técnica, o “estudo da própria atividade do modificar, do transformar, do agir” (p. 21). Essa perspectiva mais abrangente de tecnologia permite conceber tecnologias assistivas como as relacionadas às tecnologias digitais e não digitais.

Esse universo, o da inclusão de pessoas com deficiência, sempre me chamou a atenção. Por isso, a partir do parágrafo seguinte, contarei ao leitor um pouco da minha trajetória acadêmica e como o tema da inclusão a perpassou.

Cursar Licenciatura em Matemática não significa apenas compreender a relação entre professor e a própria matemática, mas, sobretudo, compreender a relação entre professor e aluno. Isso implica refletir sobre como os conteúdos matemáticos devem ser ensinados, considerando as subjetividades e os diferentes modos de aprender de cada estudante. Na

minha trajetória acadêmica percebi que refletir sobre inclusão foi determinante para a construção da minha concepção de ensinar matemática.

Ainda no ensino médio, tive contato com o tema da inclusão. Em 2017, fiz o Enem como treineira e o tema da redação foi “Desafios para a formação educacional de surdos no Brasil”. Embora não tenha tido um bom desempenho na minha redação, voltei ao tema posteriormente, refazendo o texto, porém, incorporando novas referências. Esse primeiro contato com a educação de surdos despertou minha atenção para a licenciatura em Matemática.

Já na graduação, tive meu primeiro contato com a temática da inclusão no segundo período, ao participar de um Módulo Interdisciplinar de Formação (MIF) intitulado “Por uma educação inclusiva na região dos Inconfidentes: estabelecendo parcerias entre escola e universidade”. Nesse MIF, a fundamentação teórica me levou a refletir sobre como me tornar uma profissional mais preparada para agir a partir de princípios inclusivos.

Durante o curso, participei de um curso de extensão sobre educação matemática de surdos e palestras promovidas pelo centro acadêmico e pelo colegiado do curso, que abordaram desde a inclusão de forma ampla até questões específicas, como deficiências, gênero e raça. Além disso, ao participar do Programa de Residência Pedagógica, fiz parte de um projeto de alfabetização matemática no qual auxiliava alunos, especialmente do 6º e 7º anos, que apresentavam defasagens na aprendizagem. Essa experiência me levou a desenvolver novas práticas com vistas a atender os estudantes da melhor forma possível, já que eu tinha que lidar com diferentes perfis de aprendizagem.

Foi nesse contexto que tive a oportunidade de ser bolsista de apoio pedagógico no Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG), onde atuei junto ao Núcleo de Atendimento às Pessoas com Necessidades Educacionais Específicas (NAPNEE), acompanhando um aluno cego, estudante do segundo ano do ensino médio.

Ao longo desse percurso, desenvolvemos estratégias didáticas que mesclam o uso de tecnologias assistivas e modos de oralizar os conteúdos matemáticos que são, a meu ver, ferramentas de inclusão. Cada recurso foi escolhido para favorecer a autonomia do aluno e, ao mesmo tempo, permitir que conceitos abstratos fossem transformados em experiências positivas de aprendizagem.

Esse relato surgiu dessas experiências como bolsista. Para esse texto, decidimos focar na experiência vivida por mim ao ensinar funções logarítmicas para Pedro, nome fictício do aluno que acompanhei. Como sabemos, logaritmo é um conteúdo que depende de representações gráficas, cujas imagens são utilizadas para ensinar alunos videntes. No caso de

Pedro, com adaptação e sensibilidade, novas formas de “ver” foram elaboradas, mediadas por uma relação de escuta sensível e pelas tecnologias assistivas.

Mais do que apresentar uma sequência de estratégias, este trabalho busca refletir sobre o que significa ensinar Matemática em uma perspectiva inclusiva e acessível. Desse acompanhamento, compreendi que inclusão não é apenas garantir que todos possam estar na mesma sala, mas também criar condições para que cada um possa compreender, participar e se apropriar do conhecimento com autonomia. Por isso, a experiência aqui relatada não é apenas sobre a função logarítmica – esse foi o mote. É, acima de tudo, sobre construir um diálogo em torno de formas de compreender e adaptar a didática para um ensino inclusivo.

Nos capítulos seguintes, serão apresentadas algumas discussões sobre: educação inclusiva (2), educação matemática inclusiva (3), tecnologias assistivas na educação matemática (4) e tecnologias assistivas no ensino de matemática para alunos com deficiência visual (5). Na sequência, traremos o relato de experiência (6) contendo o perfil do aluno participante e o contexto institucional; a descrição das estratégias utilizadas para o ensino de funções logarítmicas. Na seção 7, dialogaremos com alguns autores que tratam da inclusão para iluminar o que ocorreu no caso de Pedro. Na seção 8 apresentamos as considerações finais, seguidas das referências.

2. EDUCAÇÃO INCLUSIVA

Quando se discute educação inclusiva, enquanto um direito escolar universal, não raro, ela está associada à integração de todos nos espaços de ensino, formais e não formais. Entretanto, Sassaki (2009) considera que a inclusão precisa ser pensada para além do paradigma da integração. É necessário que ela seja concebida a partir de “[...] ações que oportunizem acesso, aprendizagem e permanência a todos os estudantes, independentemente de suas condições” (Torisu; Silva, 2016, p. 272).

A discussão em torno da inclusão escolar tem sido discutida em todas as esferas da sociedade, reforçada pela realização de eventos nos quais se discutem caminhos para que a inclusão ocorra, de fato. Em alguns casos, desses eventos derivam importantes documentos que servem para guiar ações inclusivas. Um exemplo é a declaração de Salamanca (1994), na qual podemos ler:

escolas regulares que possuam tal orientação inclusiva constituem os meios mais eficazes de combater atitudes discriminatórias criando-se comunidades acolhedoras, construindo uma sociedade inclusiva e alcançando educação para todos; além disso, tais escolas provêm uma educação efetiva à maioria das crianças e aprimoram a eficiência e, em última instância, o custo da eficácia de todo o sistema educacional (UNESCO, 1994).

A citação se refere a uma “educação para todos”, o que nos permite compreender que a educação inclusiva não se destina exclusivamente a alunos com deficiência, mas sim a todos os alunos que, na condição de educandos, têm como direito participar de forma ativa, plena e significativa nas diversas esferas do ambiente escolar (Carvalho, 2011). A definição para inclusão de Sassaki (2009, p.1) vai nessa direção:

Inclusão, como um paradigma de sociedade, é o processo pelo qual os sistemas sociais comuns são tornados adequados para toda a diversidade humana – composta por etnia, raça, língua, nacionalidade, gênero, orientação sexual, deficiência e outros atributos – com a participação das próprias pessoas na formulação e execução dessas adequações.

A inclusão surge a partir de contextos sociais que atravessam o desenvolvimento escolar. Pensar a inclusão como sinônimo de pessoa com deficiência talvez seja mais comum porque a sua condição explicita a necessidade de adequações para que ela possa ter acesso a uma educação de qualidade, no caso da escola. No entanto, a inclusão também se refere a adaptações nas ações que se estabelecem nos espaços sociais, como firmar relações baseadas em valores como respeito, equidade, etc, de modo a assegurar a todos os estudantes um sentimento de pertencimento.

Podemos ilustrar essa ideia com o seguinte exemplo. Um aluno transexual em sala de aula pode gerar um estranhamento a muitos, inclusive professores. Esse aluno pode estar constantemente exposto a microviolências que afetam sua permanência, participação e envolvimento nas atividades escolares como, por exemplo, nas aulas de Educação Física, que lidam diretamente com o corpo e podem, potencialmente, representar um espaço em que ele se sente vulnerável. Diante disso, é fundamental que não somente o professor, mas toda a comunidade escolar reflita e esteja atenta acerca dessas questões e busquem, num caminho tecido a várias mãos, a construção de um ambiente inclusivo.

A educação inclusiva, principalmente no contexto brasileiro, ainda precisa de muitos ajustes para dar conta de toda a complexidade que dela faz parte. Mesmo com diretrizes para a formação dos professores e leis que garantem direitos a uma educação inclusiva e acessível para todos, ainda é uma pauta que carece de discussões que levem a um atendimento humanizado e especializado nas escolas. Um exemplo de documento relativo à inclusão é a Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva, que nos diz:

Os sistemas de ensino devem organizar as condições de acesso aos espaços, aos recursos pedagógicos e à comunicação que favoreçam a promoção da aprendizagem e a valorização das diferenças, de forma a atender as necessidades educacionais de todos os alunos. A acessibilidade deve ser assegurada mediante a eliminação de barreiras arquitetônicas, urbanísticas, na edificação – incluindo instalações, equipamentos e mobiliários – e nos transportes escolares, bem como as barreiras nas comunicações e informações (BRASIL, 2008).

Historicamente, um dos marcos da inclusão no Brasil está na criação do Imperial Instituto dos Meninos Cegos, em 1854, atual Instituto Benjamin Constant, e do Instituto dos Surdos Mudos, em 1857, atual Instituto Nacional da Educação dos Surdos, ambos na cidade do Rio de Janeiro (BRASIL, 2008). A criação destas instituições, ainda na época do Império, deu início à educação especial e foi um marco para que a sociedade pudesse iniciar os caminhos para a educação inclusiva. Nessa época, a inclusão era vista como algo intrinsecamente relacionado às pessoas com deficiências e, mesmo hoje, “a educação especial continua sendo importante para tratar das particularidades da escolarização das pessoas com deficiência” (Nunes; Saia; Tavares, 2015, p. 1109).

Embora haja um esforço por parte de muitos setores da sociedade para que a escola seja inclusiva, sabemos que muito ainda precisa ser feito para que isso ocorra. Uma provocação de Carvalho (2011) nos leva a refletir sobre o seguinte ponto: será que devemos entender ‘igualdade de oportunidades’ como sinônimo de ‘oportunidades iguais’ (as mesmas), para todos? Talvez seja mais prudente pensarmos a inclusão norteadas pelo respeito às

diferenças e não como tratamento igual a todos, até porque somos todos diferentes. Nessa direção, Mantoan (2017, p. 39) considera que:

A inclusão, contudo, tem uma armadilha: ao abstrairmos a diferença, tratando as pessoas igualmente, chega-se ao sujeito universal e, quando enfatizamos apenas as suas diferenças, escondem-se suas especificidades. Para fugir dessa armadilha, a inclusão assegura o direito à diferença na igualdade de direitos (Mantoan, 2017, p. 39).

Entretanto, há muitas barreiras que os alunos enfrentam na luta pela inclusão. Barreira é qualquer entrave ou obstáculo que limite ou impeça o acesso, a liberdade de movimento e a circulação com segurança das pessoas (BRASIL, 2000). Podemos pensar em barreiras atitudinais (Guedes, 2007) e barreiras físicas, mas relacionadas à falta de material adaptado para alguns alunos. Sobre isso, Mantoan (2017, p. 40) considera que

Pessoas com deficiência enfrentam inúmeras barreiras para fazer escolhas e viver com o mínimo de impedimentos possíveis. Essas barreiras geram injustiça social, vulnerabilidade, rebaixamento de expectativas em relação à vida familiar, escolar, laboral, esportiva, do lazer, e colocam tais pessoas em desvantagem em relação às outras.

Quando pensamos em educação inclusiva destacamos o papel da escola nesse processo. Algumas, que buscam orientar suas ações levando em consideração o respeito às diferenças, por vezes deixa a cargo somente do especialista a solução das questões que envolvem a diversidade, seja fora da sala de aula ou por meio de adaptações isoladas no currículo. Transformar o modelo educacional atual, incluindo as práticas em sala de aula, o ensino comum e a formação docente tornam-se um desafio. Mesmo que a sociedade esteja acostumada a classificar as pessoas em grupos, a diferença, por sua natureza, é singular e não pode ser enquadrada em caixas. No caso das pessoas com deficiência, essa tendência ao enquadramento limita as possibilidades de reconhecer a diversidade real dos sujeitos, impedindo o desenvolvimento das especificidades que caracterizam cada um (Mantoan, 2017).

3. EDUCAÇÃO MATEMÁTICA INCLUSIVA

A Matemática, como uma componente curricular,

[...] ocupa um espaço no imaginário coletivo que, muitas vezes, predispõe as pessoas a esperar pelo fracasso. As crenças dominantes destacam essa disciplina como ‘muito importante’, ‘essencial para a vida’, mas ‘muito difícil’, ‘destinada apenas para poucos’ (Torisu; Ferreira, 2009, p. 169).

Acreditar que a matemática é destinada a poucos, os considerados mais inteligentes, é uma forma de excluir aqueles que não se consideram aptos para aprender os conteúdos dessa disciplina. Como consequência, experiências desagradáveis e até mesmo traumáticas, relacionadas a ela, podem ocorrer.

Contudo, o acesso ao saber matemático é direito de todos, portanto, a Educação Matemática deve ser naturalmente inclusiva, com suas ações didáticas elaboradas com este fim (Nogueira, 2020). Ainda que concordemos com isso, nem sempre os planejamentos de ações didáticas abarcam uma maior diversidade de propostas de ensino que contemplem todos os alunos. Lima *et al.* (2023) nos informam que:

Historicamente, a Matemática foi ensinada sem uma diversificação de metodologias pelo professor, mas, privilegiando a memorização e o respeito a regras algorítmicas previamente estabelecidas. Com isso, não se considera a autonomia, a criatividade, o pensamento livre de nossos estudantes, as diferentes maneiras de se relacionar e entender o conhecimento matemático. (Lima *et al.*, 2023, p. 370)

A tradição de aulas de matemática baseadas na memorização de regras e algoritmos está enraizada na prática dos professores de matemática, talvez porque, em sua formação inicial, eles tenham sido direcionados para atuar dessa forma. O problema é que, dessa maneira engessada, a educação matemática despreza as diferenças, o que vai de encontro à ideia de inclusão. Para Nogueira (2020), a Educação Matemática, para ser inclusiva, não deve desprezar as diferenças, ou mesmo disfarçá-las. Ao contrário disso, as diferenças devem ser valorizadas por meio de um currículo que proponha tarefas diferenciadas, e ao mesmo tempo acessíveis a todos os alunos.

No entanto, esta não é uma tarefa simples para os professores. Parte dos educadores não conseguem lidar com as especificidades da aprendizagem matemática. Torisu e Silva (2016) afirmam que muitos professores de matemática relatam insegurança frente à inclusão de alunos com deficiência, o que revela lacunas na formação desses profissionais. Para além de dominar os conteúdos, o professor precisa desenvolver competências pedagógicas que lhe permitam criar ambientes de aprendizagem inclusivos. Lanuti (2015, p. 35) considera o seguinte:

O professor pode aproveitar da melhor forma situações reais vivenciadas pelos estudantes e propor situações intencionais, a fim de que todos possam refletir sobre a problemática e buscar meios de resolução, através de suas potencialidades e saberes prévios, para que aprendam de forma significativa construindo novos saberes relacionados aos conhecimentos que já possuem, conforme Ausubel (1982).

Desde suas origens como área de pesquisa, a Educação Matemática traz consigo a ideia de que todos os sujeitos têm direito a aprender matemática. Assim como a Educação Inclusiva luta pelo direito de todos à aprendizagem, a Educação Matemática também deve se comprometer com a superação das barreiras históricas que excluíram muitos sujeitos de seus processos, assim sendo estes conceitos redundantes (Morás; Antunes; Nogueira, 2023).

Móras, Antunes e Nogueira (2023, p. 116) acreditam que para uma educação matemática inclusiva é necessário que “as diferenças não sejam desprezadas, nem mesmo disfarçadas, ao contrário, elas devem ser legitimadas e valorizadas mediante a adoção de currículos e tarefas diferenciados, que podem coexistir em uma mesma sala de aula para favorecer o acesso de todos os estudantes ao saber”. Para que isso ocorra, devemos pensar nos alunos como indivíduos singulares que aprendem e participam de formas distintas de seu processo de aprendizagem.

Quando ensinamos geometria, por exemplo, partimos do pressuposto que todos os alunos conseguem visualizar as figuras. Quando resolvemos problemas aritméticos complexos, esperamos que todos tenham a mesma habilidade para entender o conteúdo. Mas como seria o ensino de um conceito puramente visual para um aluno cego? Como abordar conteúdos complexos e detalhados para um aluno com discalculia? Como garantir a compreensão de definições para um aluno surdo, considerando as especificidades linguísticas da língua de sinais? Ou ainda, como exigir a atenção do aluno à aula se ele tem problemas familiares, insegurança alimentar, ou outras questões que o impossibilitam disso?

A Educação Matemática Inclusiva propõe o enfrentamento dessas questões. Ela nos convoca a repensar recursos e métodos que utilizamos para ensinar, a fim de “possibilitar oportunidades iguais e práticas diversas que possam contemplar os alunos em suas singularidades e diferenças, concebendo a aprendizagem em sua heterogeneidade” (Nery; Sá, 2019, p. 11). Portanto, é preciso abandonar a ideia de fazer adaptações pontuais e adotar que o conhecimento matemático seja reconstruído com base na escuta ativa dos alunos e na valorização de suas experiências.

Antes mesmo de falar de uma "educação matemática inclusiva", é preciso reconhecer que toda educação matemática precisa ser inclusiva para que ela seja democrática. A inclusão nos faz repensar quem ensina, como se ensina e para quem se ensina.

4. TECNOLOGIAS ASSISTIVAS NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

Com o crescimento do uso da tecnologia e mídias digitais, vemos a importância da adaptação dessa nova realidade às práticas pedagógicas, já que todas essas tecnologias transformam as relações sociais, a comunicação e o acesso à informação, principalmente dos alunos que, em sua maioria, estão imersos ao digital desde a infância (Nery; Sá, 2020).

Nesse contexto, as Tecnologias Assistivas (TA) chegam como ferramentas de acessibilidade ao ensino ao oferecer recursos adaptativos, possibilitando a efetiva inclusão do aluno à dinâmica da sala de aula, ajudando-o a desenvolver sua autonomia. Segundo o Comitê de Ajudas Técnicas (CAT):

Tecnologia Assistiva é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (BRASIL, 2006).

Este termo surge da necessidade de superar barreiras sensoriais, motoras e cognitivas de alunos com necessidades educacionais específicas. Esses recursos tecnológicos tornam-se fundamentais para criar condições de aprendizagem antes inacessíveis (Bersch, 2017). Essas ideias vão ao encontro da ideia de inclusão discutida anteriormente.

No caso da matemática, “conhecida como uma disciplina desafiadora para professores e estudantes e que requer atenção de todos para a utilização de estratégias e materiais didáticos de apoio que possam facilitar a aquisição do conhecimento” (Santos; Eustáquio Moreira, 2024, p. 2), as TA tornam os seus conteúdos acessíveis, como uma:

ferramenta na superação de obstáculos e promoção para a diversidade em sala de aula, atuando como facilitadora da aprendizagem matemática de diversas formas, por exemplo, em recursos interativos (aplicativos e softwares interativos que oferecem experiências de aprendizado personalizadas, adaptando-se às necessidades individuais dos estudantes), com simulações e visualizações, essas ferramentas auxiliam na compreensão de conceitos matemáticos abstratos, tornando-os mais tangíveis e acessíveis (Santos; Eustáquio Moreira, 2024, p. 7).

Embora a Tecnologia Assistiva remeta a recursos digitais, seu conceito abrange qualquer instrumento, estratégia ou adaptação que promova acessibilidade e facilite a aprendizagem. Isso inclui, desde adaptações físicas e digitais, até modificações nos espaços escolares (Galvão Filho, 2011).

Na prática educacional, a TA se manifesta de múltiplas maneiras, em forma de objetos e serviços. Temos como exemplos leitores de tela para alunos com deficiência visual, adaptadores de materiais escolares para auxiliar na escrita no caso de alunos com limitações motoras, comunicação alternativa para aqueles com dificuldades na fala. Esses recursos

cumprem o papel de garantir o acesso ao conhecimento, assegurando que cada aluno possa participar do processo de aprendizagem de acordo com suas especificidades (Bersch, 2017).

Frant (2022) destaca que a verdadeira inclusão por meio da TA na aprendizagem matemática vai além do simples acesso aos recursos tecnológicos – requer a inclusão do aluno no ambiente escolar. Embora as TA ofereçam ferramentas essenciais para superar empecilhos na aprendizagem, seu uso isolado não garante a inclusão. Dessa forma, a TA torna-se um meio para transformar a matemática em uma disciplina acessível e significativa, traçando “a importância da valorização das capacidades e potencialidades particulares de cada aluno, com a escola devendo estar atenta a essas características da individualidade do aprendiz” (Galvão Filho, 2011, p. 79).

Contudo, a implementação de TA nem sempre é algo simples. Estudo realizado por Calheiros, Mendes e Lourenço (2018) evidencia três dos obstáculos para a efetiva aplicação da TA no ambiente escolar. Primeiramente, a dificuldade de delimitar o que de fato caracteriza um recurso de TA, gerando incoerências na seleção e aplicação desses recursos. Segundo Bersch (2017), nem toda tecnologia educacional é assistiva. Isto porque nem sempre a tecnologia está acessível e contextualizada para todos os alunos. Por exemplo, um computador com acesso a um navegador de internet, que pode ser utilizado como recurso didático, mas sem o leitor de tela, pode dificultar o uso por parte de um aluno cego.

Outro obstáculo é o acesso limitado aos recursos, seja por questões financeiras ou estruturais, que restringe sua aplicação, especialmente em regiões com menor infraestrutura. Isso se justifica, pois, muitas escolas públicas funcionam sob condições precárias como falta de acesso à internet ou instabilidade da rede, falta de equipamentos e outros recursos, o que dificulta que alunos, principalmente os de baixa renda, consigam ter acesso às TA.

Por fim, a falta de formação específica de professores e outros profissionais da educação compromete o uso adequado dessas tecnologias, muitas vezes subutilizadas ou aplicadas sem alinhamento às necessidades reais dos alunos. Contudo, “os educadores estão cada vez mais empenhados em encontrar maneiras de preencher as lacunas em sua formação inicial, a fim de reduzir o impacto negativo na aprendizagem desses estudantes durante as aulas de matemática” (Santos; Eustáquio Moreira, 2024, p.15), iniciativa que pode contribuir para a reversão dessa situação.

A construção de uma educação matemática inclusiva demanda não apenas adaptações pontuais, mas a implementação de estratégias pedagógicas, sendo uma delas o uso adequado das TA. Ao materializar conceitos matemáticos por meio de adequações, a TA transforma barreiras em possibilidades, convertendo elementos antes não acessíveis em instrumentos

concretos de aprendizagem, promovendo autonomia e participação ativa dos alunos e revelando-se essencial para aprimorar um ensino matemático que valorize as potencialidades de todos os alunos.

5. TECNOLOGIAS ASSISTIVAS NO ENSINO DE MATEMÁTICA PARA ALUNOS COM DEFICIÊNCIA VISUAL

Na seção anterior, discutimos a importância das TA como um meio para transformar a matemática em uma disciplina acessível aos alunos com deficiência. Nessa seção, daremos destaque a essas tecnologias, contudo, voltadas à inclusão de alunos com deficiência visual.

Antes, porém, é essencial compreender quem é a pessoa com deficiência visual. Mais do que uma condição física relacionada à ausência ou redução da visão, "ser cego é apenas uma das muitas formas corporais de estar no mundo. Mas como qualquer estilo de vida, um cego, necessita de condições sociais favoráveis para levar adiante seu modo de viver" (Diniz, 2012, p.8 *apud* Salvino, 2017, p.22), o que significa que a deficiência visual é apenas um dos modos de perceber, aprender e se comunicar com o ambiente. Entretanto, devemos fazer adaptações para que eles possam usufruir desses locais.

A deficiência visual (ou falta de acuidade visual¹) pode ser congênita ou adquirida ao longo da vida, e pode se manifestar em diferentes níveis, como a deficiência visual grave e a moderada – denotadas por baixa visão – ou a cegueira total, conforme definido pelo Conselho Brasileiro de Oftalmologia (Salvino, 2017).

Fernandes e Healy (2008) também definem a falta de acuidade visual como sendo:

[...] uma deficiência do tipo sensorial, assim sua característica principal é a carência ou o comprometimento de um dos canais sensoriais de aquisição da informação - o visual. Essa carência pode comprometer o processo de internalização, sendo assim fator determinante do desenvolvimento cognitivo dos deficientes visuais que (...) segue por caminhos que não coincidem necessariamente com o dos videntes (Fernandes; Healy, 2008, p.96).

Os acessos à aprendizagem para essas pessoas precisam ser pensados estrategicamente, já que “o sujeito sem o sentido da visão combina os demais para reduzir as consequências daquela ausência e é capaz de ‘ver’ ao combinar audição e tato, por exemplo” (Salvino, 2017, p.24). Então, a adaptação dos recursos didáticos precisa acontecer pelo ambiente escolar, “visto que com a ausência da visão, os recursos educacionais devem ser táteis e simples” (Geller; Sganzerla, 2014 *apud* Sganzerla, 2020, p. 54).

Para utilizar o tato, um sentido crucial para alunos com deficiência visual, é exigido que esses recursos materiais potencializem o desenvolvimento de suas habilidades, esboçando conceitos que são visuais, como gráficos, figuras planas e espaciais. No entanto, mais do que simplesmente disponibilizar esses materiais, é preciso compreender em profundidade como a

¹ Acuidade visual: clareza da visão. Capacidade de ver de um ponto ao outro (Sganzerla, 2020).

implementação dessas ferramentas impacta os processos cognitivos desses alunos (Fernandes; Healy, 2008).

Considerando que o mundo está estruturado a partir de referências visuais, são necessários recursos que potencializem esse processo educacional. As tecnologias assistivas (TA), nesse sentido, tornam-se aliadas fundamentais para as pessoas com deficiência visual, não apenas para trazer autonomia no âmbito escolar, mas no uso cotidiano. Atualmente, há uma grande variedade de tecnologias assistivas disponíveis.

O computador é um recurso muito utilizado para escrita e leitura de textos, bem como de registros técnicos, como a matemática. Para o seu uso é necessário um leitor de tela, que consiste em um software que interage com o Sistema Operacional, reproduzindo, de forma sonora, os eventos ocorridos no computador, lendo assim para o usuário as informações, botões e todos os eventos que se apresentam em forma de texto (eMAG, 2019 *apud* Sganzerla, 2020).

Voltando para o pensamento sobre o sensorial, a audição é outra aliada para a comunicação desses alunos. Nas tecnologias digitais, o uso de leitores de tela explora constantemente esse sentido, contribuindo para deixar acessíveis textos, símbolos e até mesmo imagens, quando associadas ao leitor de imagens. Contudo, a utilização da audição vai além do uso de tecnologias assistivas – exige uma reconfiguração da prática docente. No ensino de um aluno cego, podemos pensar na fala como um modo de descrever tudo aquilo que pode ser representado visualmente. Então, ao utilizar expressões e vícios de linguagem que não descrevem o que está sendo dito e ensinado, mesmo utilizando as tecnologias e materiais possíveis, o conteúdo não estará totalmente acessível ao aluno. Essa adaptação linguística não se limita à sala de aula. Ela deve se estender a outras interações, permitindo que a pessoa cega construa representações mentais do mundo.

Segundo Salvino (2017), ainda que a literatura nem sempre trate o sistema Braille como uma tecnologia assistiva, se adotarmos o conceito mais amplo de tecnologia, é possível reconhecê-lo como um recurso de comunicação assistiva, especialmente na alfabetização de pessoas com cegueira congênita. O Braille é um código de linguagem composto por uma cela de 6 pontos que possibilita fazer combinações diversas de letras, números e notações que permitem denotar conceitos matemáticos, químicos, musicais, dentre outros (Salvino, 2017).

Figura 1: Alfabeto Braille

Cela Braille 		         									
		1 12 14 145 15 124 1245 125 24 245									
		         									
		13 123 134 1345 135 1234 12345 1235 234 2345									
		         									
		136 1236 1346 13456 1356 12346 123456 12356 2346 23456									
		         									
		16 126 146 1456 156 1246 12456 1256 246 2456									
		         									
		2 23 25 256 26 235 2356 236 356 35									
		         									
		34 345 346 3456 3 36 46 6									
		    									
		1 12 14 145 15									
		    									
		124 1245 125 24 245									

Fonte: Disponível em <https://www.megatimes.com.br/2015/03/sistema-braille-alfabeto-braille.html>

Para o caso da matemática, essas combinações conseguem abranger muitas notações para o ensino básico. Contudo, há símbolos e notações que são mais complicados de serem descritos em Braille, exigindo repertório do professor de matemática para essa adaptação, e até mesmo pensar em formas de reescrever matematicamente certas expressões.

Figura 2: Símbolos em Braille utilizados na matemática

Símbolo	Sinal	Significado
	+	Mais (adição)
	-	Menos (subtração)
	x (*)	Multiplicado por (multiplicação)
	÷ / —	Dividido por traço de fração (divisão)
	=	Igual a (igualdade)
	/ —	Traço de fração
	>	Maior que
	<	Menor que
	°	Grau(s)
	′	Minuto(s)
	″	Segundo(s)

Fonte: Adaptado de Cerqueira, 2006, p.25 citado por Sganzerla, 2020, p. 115

Assim, “a transcrição para Braille de material de Matemática, Química, Música, etc. não é uma atividade simples, pois muitas das convenções usadas são peculiares para se tornarem compatíveis com as características da escrita Braille” (Borges, 2009, p. 58), pois além do que é disponível neste código de linguagem, há muitos outros símbolos matemáticos complexos, que para ser representados em Braille, precisam ser descritos por extenso. Além disso, as equações, que são detalhadas e extensas, necessitam de um cuidado de notação e ordem de procedência, já que “para o cego, os conceitos de ‘em cima’ ou ‘embaixo’ não existem” (Sganzerla, 2020), e tudo deve ser escrito em uma única linha, o que demanda mais trabalho.

Figura 3: Representação de uma fração em Braille

$$(a) \frac{a * 4}{2 + 2} = 10 \quad (b) \text{ Braille representation of the same expression}$$

Fonte: Sganzerla, 2020, p.115

Nesse caminho, também podemos utilizar outros métodos de escrever o pensamento matemático e o uso das tecnologias digitais assistivas, oferecendo possibilidades para essa representação. Com os leitores de tela, os símbolos podem ser lidos para o aluno, permitindo maior fluidez, visto que o docente não precisa fazer uma adaptação prévia em Braille, mas ainda exigindo adaptação na escrita. No entanto, a leitura de tela também exige que as equações sejam escritas em uma única linha, seguindo uma ordem de procedência, semelhante à sintaxe de programação e que também fazemos em Braille. Essa limitação torna necessário adaptar a representação convencional de elementos matemáticos. Um exemplo são as frações, normalmente apresentadas com numerador e denominador dispostos verticalmente, precisam ser escritas na forma linear, como $(a * 4) / (2 + 2) = 10$, seguindo o exemplo da figura 3.

Diante dessas peculiaridades que a linguagem matemática impõe à acessibilidade, o desenvolvimento de ferramentas específicas tornou-se uma das principais estratégias para garantir a participação de alunos com deficiência visual nos processos escolares. Segundo Salvino (2017), a escolha e a efetividade dessas ferramentas variam de acordo com as necessidades de cada aluno, sendo essencial que o uso das TA esteja articulado com o planejamento pedagógico e as devidas especificidades. Para pensar na adaptação necessária, vamos apresentar alguns recursos utilizados por pessoas cegas no contexto pessoal e educacional: NVDA, Dosvox e Multiplano.

5.1 NVDA

Non-Visual Desktop Access (NVDA) é um software livre, de código aberto e, portanto, gratuito. Voltado para pessoas cegas ou com baixa visão, ele permite a navegação acessível em sistemas operacionais Windows e em diversos aplicativos. Seu funcionamento se baseia na leitura de tela por meio de síntese de voz integrada, com suporte para mais de 55 idiomas. Na leitura de voz ele oferece uma personalização podendo escolher a velocidade, o tipo e o tom da voz (NV ACCESS, 2025).

Além disso, ele oferece ao usuário diversos recursos, com destaque para o relatório de formatação textual – que informa nome da fonte, tamanho, estilo e até erros ortográficos –, o suporte a displays braille atualizáveis, inclusive com possibilidade de entrada de texto em braille por meio de teclados específicos, e por último, além das configurações básicas, uma loja de complementos integrada, que oferece diversas funcionalidades adicionais. Esses complementos são desenvolvidos em linguagem *Python* e ampliam as possibilidades de uso do software, que torna o NVDA mais completo e complexo, permitindo que o usuário faça diversos upgrades no sistema. Alguns exemplos são o Access8Math, que atua como um leitor de expressões matemáticas em navegadores web, permitindo a leitura de símbolos e fórmulas, a tradução de textos, legendas e páginas, o acesso remoto – que permite a um usuário controlar o computador de outro –, e ferramentas de descrição de imagens (NV ACCESS, 2025).

Embora o NVDA não seja especificamente voltado ao ensino da matemática, tais funcionalidades o tornam uma ferramenta versátil, tanto para a vida cotidiana quanto para o ambiente escolar. Sganzerla (2020) ressalta que, sem o uso de leitores de tela e interfaces gráficas adaptadas, seria praticamente inviável que pessoas cegas usufruíssem plenamente dos recursos computacionais, e por ser personalizável, o aluno pode utilizar e buscar novas ferramentas que facilitem o seu desempenho.

Apesar das funcionalidades que o NVDA oferece, sua eficiência está condicionada ao grau de acessibilidade dos sites, aplicativos e demais interfaces digitais com os quais interage. Muitos conteúdos ainda são construídos com base em elementos visuais, como imagens, gráficos e ícones não rotulados, o que impede a leitura por parte do software. Embora o NVDA disponha de recursos de descrição de imagens, esse recurso precisa ser ativado e, em geral, funciona de forma pontual, sendo incapaz de interpretar todo o conteúdo de páginas da web ou apps complexos. Dessa forma, a limitação não existe especificamente no leitor de tela, mas na falta de acessibilidade dos sistemas externos, que não foram desenvolvidos com

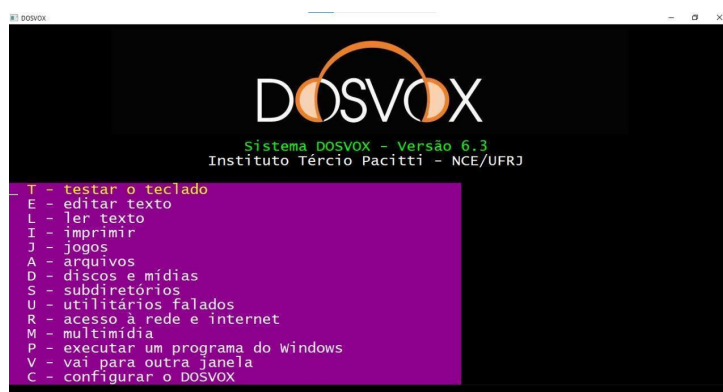
compatibilidade às tecnologias assistivas. Isso compromete a experiência de navegação de pessoas cegas.

5.2 DOSVOX

O projeto Dosvox, um programa desenvolvido pelo Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), é um sistema desenvolvido especificamente para as pessoas com deficiência visual, que atua de forma integrada, permitindo que consigam ter contato com o computador como um todo, reunindo funções em um fácil acesso (DOSVOX, 2025).

Ele é um sistema que permite a interação com o computador por meio de sintetizador de voz em português. Diferentemente do NVDA e de leitores de tela convencionais, o Dosvox não apenas lê o que está exibido na tela, mas estabelece uma interface adaptada, com foco nas especificidades e necessidades do usuário cego, possibilitando a navegação entre pastas, a execução de programas, a leitura e escrita de textos, dentre outros.

Figura 4: Interface do Dosvox

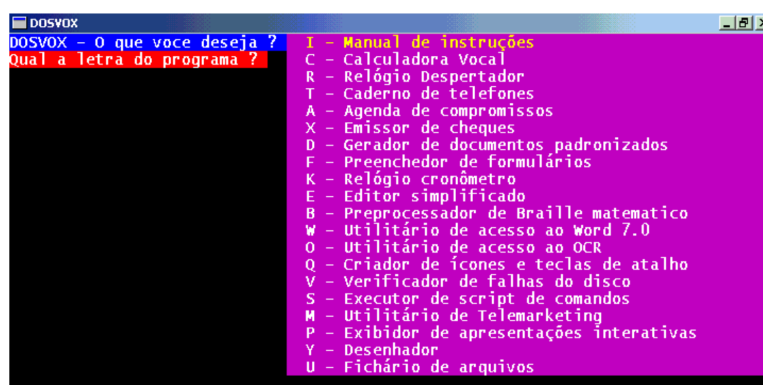


Fonte: arquivo da autora

Essa característica torna o sistema mais intuitivo, acessível e de baixo estresse, mesmo em uso prolongado, devido à utilização de voz humanizada gravada em grande parte de suas mensagens. Segundo Borges (2009), a sua simplicidade e organização funcional, foi pensada pelos membros do projeto Dosvox também para pessoas cegas que estão tendo seu primeiro contato com o computador. Por oferecer um ambiente simplificado e centrado na autonomia da pessoa cega, ele atua como uma base formativa, permitindo que indivíduos recém-introduzidos às tecnologias digitais possam se adaptar a ele. Uma das funções de adaptação ao computador, é a de testar o teclado, para que o usuário possa, ao clicar nas teclas, ir descobrindo a localização de cada tecla e sua funcionalidade.

Além da navegação por arquivos e da leitura de textos, o Dosvox oferece recursos como editor, leitor e impressor de textos (inclusive para impressão em Braille), jogos com fins didáticos e lúdicos, ampliador de tela para pessoas com baixa visão e programas voltados para educação de crianças com deficiência visual. Também permite o acesso à internet por meio de ferramentas simplificadas como correio eletrônico e navegação por homepages. O sistema é compatível com diversos sintetizadores de voz, sendo muitas vezes usado como um programa para auxílio ao computador, e é desativada a função de leitor de tela, que abre espaço a outro software que tenha esta única função (DOSVOX, 2025). Isso ocorre pois, como o Dosvox tem várias funções, a leitura de tela acaba não sendo tão personalizável como no NVDA, que faz um trabalho mais completo.

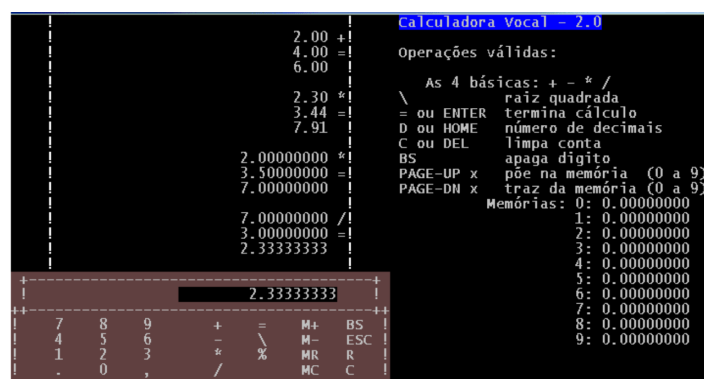
Figura 5: Outros utilitários do Dosvox



Fonte: Projeto Dosvox. Disponível em: <https://intervox.nce.ufrj.br/dosvox/ferramentas.htm>

Uma das principais aplicações do DOSVOX que pode auxiliar no ensino de matemática é a calculadora vocal. Ela é um dos utilitários que possibilita a execução de cálculos simples de forma completamente sonorizada, substituindo uma calculadora simples.

Figura 6: Calculadora vocal do Dosvox



Fonte: Projeto Dosvox. Disponível em: <https://intervox.nce.ufrj.br/dosvox/ferramentas.htm>

Por reunir todas essas funcionalidades em um só ambiente, o Dosvox representa uma alternativa importante não somente para alunos em processo de alfabetização digital, mas também para aqueles que buscam maior facilidade no uso do computador. No caso de um aluno em aula de matemática, ferramentas como calculadora, planilha digital, para acessar a web e acessar *e-mails* se tornam fundamentais para o andamento em sala.

5.3 Multiplano

O Kit Multiplano é um “instrumento que possibilita, através do tato, a compreensão de conceitos matemáticos” (Multiplano, 2025). Ele é um kit didático destinado ao ensino de matemática, com foco em promover acessibilidade para alunos com deficiência visual. Pode ser aplicado desde as séries iniciais até o ensino superior, permitindo a abordagem de conteúdos diversos, como operações aritméticas, proporções, equações, funções, geometria plana e espacial, trigonometria, estatística e até tópicos mais avançados como funções exponenciais, logarítmicas, sistemas lineares e gráficos de cálculo diferencial (Multiplano, 2025).

Figura 7: Kit Multiplano



Fonte: arquivo da autora

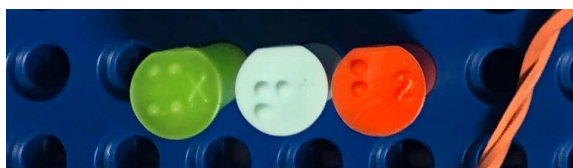
O material é composto por um tabuleiro retangular e um tabuleiro circular, além de uma série de elementos manipuláveis, como pinos, elásticos, hastes circulares, barras e discos, que permitem a construção tátil de conceitos abstratos.

Por meio da combinação desses elementos, os alunos podem explorar representações gráficas, formas geométricas e relações numéricas com apoio do tato. Uma das características centrais do Multiplano é a presença de orifícios distribuídos pelo tabuleiro, que funcionam como suporte para pinos. Esses pinos, combinados com elásticos, hastes ou outros elementos do kit, permitem a construção dos elementos matemáticos. Além da visualização de figuras, o recurso também possibilita a realização de operações como adição, subtração, multiplicação e,

especialmente, divisão – bastante explorada por sua clareza na organização tátil dos elementos. Os pinos coloridos são compostos por números, algumas letras e símbolos matemáticos, descritos em Braille. Com ele, o aluno consegue associar as figuras formadas com os números associados.

No sistema Braille, os números de 1 a 9 e o zero são representados pelas mesmas células das letras A até J, exigindo, portanto, a inserção de um símbolo de número antes da sequência numérica para que não haja ambiguidade na leitura. No entanto, no ambiente do Multiplano, essa distinção torna-se desnecessária. Como o sistema trabalha apenas com letras específicas (como X, Y e Z) para representar variáveis, e os demais caracteres são números ou operadores matemáticos, o aluno cego consegue fazer a distinção entre letras e números com base no contexto de uso, sem precisar inserir o símbolo de número. Esse detalhe, embora sutil, favorece a fluidez na leitura e construção de expressões matemáticas, além de refletir uma adaptação sensível às necessidades do aluno, sem comprometer a precisão do conteúdo.

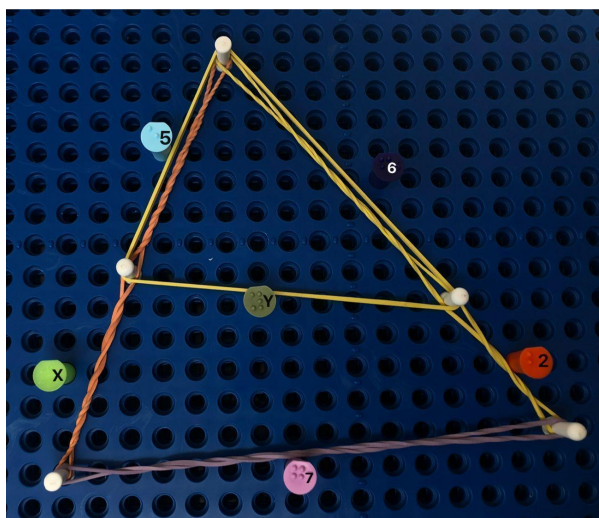
Figura 8: Pinos x+2 em Braille.



Fonte: arquivo da autora

Um dos grandes diferenciais do Multiplano em relação a outros materiais manipuláveis é sua reutilização: enquanto outros recursos exigem a confecção manual de peças para conteúdos específicos, o kit permite apenas a montagem das imagens ou estruturas desejadas com os componentes já disponíveis. Essa flexibilidade torna o processo mais ágil e acessível para o professor, sem comprometer a compreensão por parte do aluno. Ao mesmo tempo, valoriza a autonomia do aluno com deficiência visual que pode explorar, reconstruir conceitos e ampliar as possibilidades no desenvolvimento matemático.

Figura 9: Semelhança de triângulos no Multiplano



Fonte: arquivo da autora

Na figura 9, para mostrar a semelhança entre os dois triângulos podemos explorar as texturas dos elásticos usados para representá-los. Nesse caso, no triângulo maior, foi usado o elástico enrolado e no menor, o elástico liso, ajudando o aluno a distinguir as duas formas geométricas. Como todos os recursos são adaptáveis e personalizáveis, podemos usá-los de forma estratégica para que com o tato, o aluno consiga “ver”.

Além de atender às demandas da educação de deficientes visuais, o Multiplano também pode ser utilizado por alunos videntes, favorecendo uma abordagem multissensorial e colaborativa, principalmente quando se trata do ensino inclusivo para alunos com outras necessidades educacionais específicas.

6. RELATO DE EXPERIÊNCIA: ACOMPANHAMENTO PEDAGÓGICO DE UM ALUNO CEGO

6.1 Perfil do aluno e contextualização do apoio

Pedro² é um aluno cego congênito de 17 anos, que cursa o segundo ano do Ensino Médio integrado ao técnico em Automação Industrial, em um Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG). O processo de alfabetização de Pedro se iniciou no Instituto São Rafael, em Belo Horizonte, uma instituição pública referência na educação de pessoas com deficiência visual. Foi nesse ambiente que ele teve o primeiro contato com o sistema Braille e com recursos de TA. Segundo ele, os professores eram bem preparados, o que possibilitou uma fácil adaptação ao sistema de leitura e escrita tátil. O seu primeiro contato com o computador foi por meio do Dosvox e ocorreu ainda aos quatro anos de idade. Adaptações feitas no teclado do computador permitiram acesso a jogos interativos.

Essas primeiras experiências despertaram em Pedro o interesse pelos computadores como uma importante ferramenta que poderia auxiliá-lo no cotidiano. Contudo, como nem tudo estava adaptado às suas necessidades, Pedro aprendeu, de forma autodidata, sobre programação, particularmente na linguagem *Python*. Ao longo de seus estudos, Pedro foi criando uma afinidade com a lógica e com a estrutura dos códigos que o levaram a desenvolver uma compreensão mais profunda de procedimentos computacionais. Além dessas habilidades tecnológicas, Pedro também aprendeu a tocar teclado na pré-adolescência, demonstrando sensibilidade auditiva, boa desenvoltura com a coordenação motora fina e com padrões sequenciais da música – características que, inclusive, explicam a sua facilidade em ambientes digitais.

No entanto, seu percurso educacional foi marcado por algumas defasagens no que se refere às aprendizagens dos conteúdos matemáticos. No Instituto São Rafael, Pedro não teve muito contato com a matemática. Foram ensinados a ele os números e alguns símbolos matemáticos. Vários conteúdos ele veio a aprender, tardiamente, em uma escola de sua cidade. Durante o ensino fundamental II, Pedro teve pouco acesso a metodologias acessíveis, mesmo havendo na escola recursos como o multiplano. A ausência de preparo para o seu uso e de adaptações adequadas dificultaram a aprendizagem de conceitos básicos da matemática, como aqueles relacionados à geometria, às expressões algébricas e numéricas. Ao ingressar no Instituto Federal, Pedro evidenciava dificuldades em temas que poderiam ter sido desenvolvidos com o apoio de recursos táteis.

² Nome fictício usado para preservar a identidade do aluno.

Foi nesse contexto que, em 2023, iniciei minha atuação como bolsista de apoio pedagógico, com foco no acompanhamento e na adaptação de materiais didáticos acessíveis para Pedro. O trabalho foi desenvolvido no âmbito do Núcleo de Atendimento às Pessoas com Necessidades Educacionais Específicas (NAPNEE), com suporte constante da coordenação pedagógica do núcleo e da equipe docente de matemática. Desde o início, tivemos como prioridade conhecer o aluno: suas potencialidades, dificuldades e vivências educacionais anteriores.

Um dos primeiros passos nessa direção foi a aplicação de uma avaliação diagnóstica, elaborada com a orientação dos professores da matemática. Essa avaliação foi aplicada em etapas, ao longo de dois meses, considerando a extensão dos conteúdos e o tempo necessário para a leitura e compreensão por parte do aluno. Antes de registrar as primeiras etapas da avaliação, precisei de um momento para adaptar as tecnologias e a linguagem utilizada pelo aluno. Foi neste momento que entendi melhor sobre as tecnologias assistivas Dosvox, NVDA e Multiplano, seu registro via bloco de notas – recurso já utilizado pelo aluno – e com alguns componentes da linguagem LaTeX, pois o bolsista que dava apoio à sala de Pedro havia ensinado componentes dessa sintaxe. Com o passar do tempo, a comunicação com Pedro foi se tornando mais fluida.

Ao longo dessa experiência, notei que Pedro aprendia com mais facilidade quando os conteúdos eram apresentados com algum tipo de adaptação possibilitada pelas TA. Bastava uma explicação sobre determinado tópico para que ele compreendesse os conceitos e conseguisse resolver as atividades. Essa experiência demonstrou que suas dificuldades estavam muito mais relacionadas à falta de acesso ao conteúdo do que à sua capacidade cognitiva. Além da avaliação, o primeiro ano do acompanhamento pedagógico foi voltado à adaptação de conteúdos essenciais, que antes não eram desenvolvidos. Foram retomados temas fundamentais como noções básicas de geometria, conceitos iniciais de álgebra e frações. Esse período de transição foi determinante para que Pedro se familiarizasse com a linguagem matemática exigida no ensino médio.

A partir dessa adaptação inicial, o aluno foi para o primeiro ano mais preparado para encarar conteúdos como o ensino de expressões e sistemas de equações algébricas, conceitos geométricos e trigonométricos básicos, funções do primeiro e do segundo grau. A aprendizagem desses conteúdos possibilitou que, ao ingressar nos estudos mais avançados no 2º ano do ensino médio, como é o caso das funções exponenciais e logarítmicas – exploradas nesse trabalho – o processo se tornasse mais fluido e intuitivo. A justificativa para isso foi o

desenvolvimento de uma linguagem comum entre aluno/bolsista, mediada tanto pela linguagem matemática adaptada quanto pelos recursos tecnológicos e táteis utilizados.

6.2 A Escrita Matemática e a Linguagem Acessível: aproximações com o LaTeX e a programação

J. Carvalho, Couto e Camargo (2018) demonstram que o NVDA não consegue ler completamente todas as expressões e elementos textuais e gráficos que são aplicados na Física, onde muitos desses elementos são bastante utilizados – e igualmente importantes para o ensino de Matemática. Isso significa que nem todas as formas de denotar os conceitos da linguagem matemática necessária para o ensino são plenamente acessíveis. Além disso, a leitura de expressões matemáticas de forma plena é fundamental para melhor entendimento dos conteúdos pelo aluno, sendo necessário, portanto, adaptar esses recursos às necessidades específicas do ensino matemático.

Na pesquisa, os autores realizaram testes de acessibilidade em editores de equações e nas opções do teclado, avaliando se o NVDA conseguiria ler corretamente esses itens em documentos no formato .doc. O objetivo era verificar a sensibilidade do software e sua capacidade de interpretação dos diversos elementos matemáticos.

Figura 10: Teste com o NVDA para a leitura de diferentes elementos de um texto.

Elementos textuais/gráficos	NVDA
Letras gregas	Leu parcialmente
Expressões geradas por editores de equações	Não leu
Expressões geradas sem auxílio de editores de equações	Leu parcialmente
Unidade de medida (°C)	Não leu
Diferenciação de potência	Não leu
Figuras	Não leu
Tabelas	Leu totalmente
Caixas de texto	Não leu
Sinais representativos de operações matemáticas (+, -, /, =)	Leu totalmente

Fonte: Carvalho, J.; Couto; Camargo, 2018, p. 425.

O leitor de tela não leu todos elementos testados, dando destaque às expressões geradas por editores de equações, como mostra na figura 10. Destaco este pois, pensando na matemática, essas equações geradas pelos editores são comumente utilizadas em arquivos disponibilizados pelos professores, o que limita a leitura do aluno cego. Além disso, terá menos uma possibilidade de registrar os conceitos matemáticos estudados, por não conseguir utilizar o espaço de equações dentro dos editores de texto. Isso nos leva à necessidade de outro método para que o aluno consiga ter acesso a esses recursos importantes. J. Carvalho,

Couto e Camargo (2018) também destacam a importância de utilizar o LaTeX como base para contornar essas dificuldades.

O LaTeX é uma linguagem feita por códigos para representar conceitos matemáticos adequadamente.

Trata-se de uma linguagem de marcação de texto na qual já se escreve com as indicações de sua formatação final. Seu processamento é feito em duas etapas: 1. O texto a ser impresso e os comandos de formatação escritos em um arquivo fonte com o uso de um editor de textos; 2. Em seguida o arquivo fonte é submetido a um software formatador de textos, neste caso o LaTeX, que gera um arquivo de saída, que pode ser impresso ou visualizado em tela (Santos, 2011 apud Carvalho, J.; Couto; Camargo; 2018).

Esse software tem seus códigos representados em linhas, sendo a sua escrita feita de forma semelhante à leitura do leitor de tela. Dessa forma, essas ferramentas tornam-se complementares para o ensino do aluno cego. A utilização da linguagem LaTeX como base para a escrita matemática apresenta vantagens significativas, embora não precisemos ser absolutamente fiéis a todos os seus protocolos. Outra vantagem vem do aluno já conhecer alguns aspectos do LaTeX, o que reforçou a escolha por essa metodologia por ser algo familiar a ele. Além disso, os professores do aluno podem com o auxílio do LaTeX escrever conteúdos e listas de forma simples e acessível a ele.

Para o auxiliar, algumas notações foram simplificadas ou escritas de outra maneira, não sendo abordadas em LaTeX. Isso porque, a escrita dessas notações requer a digitação de códigos extensos e detalhados, o que dificultaria a sua execução. Um exemplo, são os sistemas de equações. Em Látex, o código para um sistema é descrito como:

```
\begin{array}{rcr}
2x + 3y & = & 5 \\
4x - y & = & 2 \\
\end{array}
```

Na prática, porém, podemos simplificar esse processo utilizando apenas uma chave na primeira expressão, quebrando a linha e adicionando outra chave na segunda expressão, abordagem que evita a robustez da linguagem LaTeX padrão e facilita que o aluno memorize com mais facilidade.

```
{ 2x + 3y = 5
{ 4x - y = 2
```

Assim, conseguimos, de forma compactada, usar uma nova notação específica para ele, mais acessível e de fácil memorização. Essa flexibilidade na aplicação do LaTeX é também ampliada para a sintaxe de programação, linguagem muito familiar ao Pedro. Podemos incorporar esses elementos criando uma abordagem mista, mas que mantenha a compreensão da ideia matemática. Essa estratégia traz benefícios duplos: primeiro, estabelece uma base cognitiva que facilitará futuros aprendizados, tanto de programação quanto de LaTeX; segundo, permite ao aluno criar conexões mentais simplificadas por já ter tido contato prévio com esses conceitos.

Para complementar, podem ser sempre expostas as diferentes representações possíveis, mostrando como um mesmo conceito pode ser expresso no LaTeX, em linguagem de programação ou em outras notações. Embora nosso foco principal permaneça no LaTeX, o aluno familiarizado com programação consegue fazer associações entre essas linguagens, já que, por natureza, elas são parecidas. Essa ponte entre os dois se mostra útil em momentos pontuais, como por exemplo quando introduzimos novos tópicos para esse aluno, primeiro através da lógica de programação para, depois, desenvolver uma linguagem específica para cada assunto matemático.

A importância do LaTeX e da sintaxe de programação no ensino de matemática reside nas suas capacidades de representação linear detalhada. Essa característica permite que os leitores de tela funcionem com eficácia, além de facilitar a adaptação dos materiais didáticos e dos métodos de registro para atender às necessidades específicas de cada aluno, dando o poder de participação nas atividades matemáticas.

6.3 Função Logarítmica: estratégias e recursos didáticos

O ensino de funções logarítmicas costuma apresentar desafios significativos mesmo para alunos videntes, especialmente pela complexidade do conceito e pela dificuldade de conectá-la ao cotidiano. Diante disso, foi necessário pensar em estratégias acessíveis para abordar esse conteúdo junto a Pedro.

Para estruturar nossa abordagem, selecionamos duas partes fundamentais do estudo das funções logarítmicas como pontos de partida – a relação de simetria entre a função logarítmica e exponencial e o estudo do domínio da função. É importante ressaltar que para além da descrição deste relato, houve anteriormente uma base conceitual, onde já havíamos explorado a função exponencial, as definições de logaritmo e suas propriedades operatórias – conhecimentos que serão necessários para complementar o relato –, além dos conteúdos já estudados no primeiro ano do ensino médio.

6.3.1 Construção da relação de simetria em $x = y$ entre os gráficos das funções exponencial e logarítmica

Iniciamos considerando a definição de função logarítmica, que estabelece sua relação essencial com a exponencial, pois ela é um importante ponto de partida para o estudo do conteúdo.

Definição 1. Dado um número real b com $b > 0$ e $b \neq 1$, chama-se função logarítmica de base b , a função f de R^*_+ em R dada por: $f(x) = \log_b x$. A função logarítmica é inversa à função exponencial, já que podemos denotar o logaritmo em forma de exponencial. Temos então:

$$y = \log_b x \Leftrightarrow x = b^y \quad (1).$$

Essa definição exigiu cuidados especiais na representação acessível dos conceitos de logaritmo e função logarítmica. Algumas dificuldades surgiram, por exemplo, na maneira de apresentar subscrito e sobrescrito, por terem sido apresentados antes, de forma não linear. Assim, representamos a expressão (1) como:

$$y = \log_{\{b\}}(x) \text{ se, e somente se } x = b^y,$$

utilizando representações de subscrito ($\{n\}$) e sobrescrito (n) vindas do Látex para tornar nossa escrita linear. Essas notações, fazem parte de diversos conteúdos matemáticos, podendo ser usados em outras áreas das ciências exatas. O sinal de diferente ($\neq$) foi denotado por $!=$, conhecido pelo aluno da linguagem de programação. Os números reais positivos e diferentes de zero foram denotados como (R^*_+) por R^*+ , este por sua vez, apenas usando de forma linear notações que são representadas de forma verticalizada e utilizando símbolos já presentes no teclado do computador – adaptação também utilizada em outros exemplos como maior ou igual ($>=$) e mais ou menos ($+ -$).

Pela definição, a função logarítmica pode ser compreendida como o inverso da função exponencial, e por sua vez, estabelecendo uma espécie de reflexão em relação à reta $y = x$. Essa correspondência foi extremamente importante para o entendimento do Pedro, pois possibilitou uma ponte entre o que ele já sabia (função exponencial) e o que desejávamos explorar (função logarítmica).

O processo se deu por etapas para permitir ao Pedro compreender tanto a estrutura matemática quanto sua representação gráfica. Iniciamos com a construção do gráfico da função exponencial. O processo iniciou-se com a tabulação dos pontos da função exponencial

$f(x) = 2^x$, para a qual selecionamos valores estratégicos para x ($-2, -1, 0, 1, 2$) comumente usados pelos professores, pois permitem uma distribuição no centro do plano cartesiano, o que facilita também a sua construção no Multiplano.

Tabela 1: Tabulação da função ³ $f(x) = 2^x$

Valores de x	Valores de y	Pontos Cartesianos (x,y)
- 2	$2^{-2} = 1/4$	(- 2, 1/4)
- 1	$2^{-1} = 1/2$	(- 1, 1/2)
0	$2^0 = 1$	(0, 1)
1	$2^1 = 2$	(1, 2)
2	$2^2 = 4$	(2, 4)

Fonte: arquivo da autora

A adaptação dessa tabulação para Pedro ocorreu da seguinte maneira: empregamos recursos do LaTeX, utilizando o ambiente `\begin{tabular}` com seus respectivos comandos. Essa estrutura permite organizar os dados em colunas, separadas pelo caractere `&`, criando uma representação organizada dos valores de x , y e os pontos do plano cartesiano. Nesse tipo de escrita, a posição de cada número e símbolo tem um papel fundamental: se x aparece na primeira posição da linha da tabela, então, em todas as linhas seguintes, os valores escritos na mesma posição estarão associados a ele.

Figura 11: Tabulação em LaTeX da função $f(x)=2^x$

```
\begin{tabular}
x & y & (x, y)
-2 & 2^-2=1/4 & (-2, 1/4)
-1 & 2^-1=1/2 & (-1, 1/2)
0 & 2^0=1 & (0, 1)
1 & 2^1=2 & (1, 2)
2 & 2^2=4 & (2, 4)
\end{tabular}
```

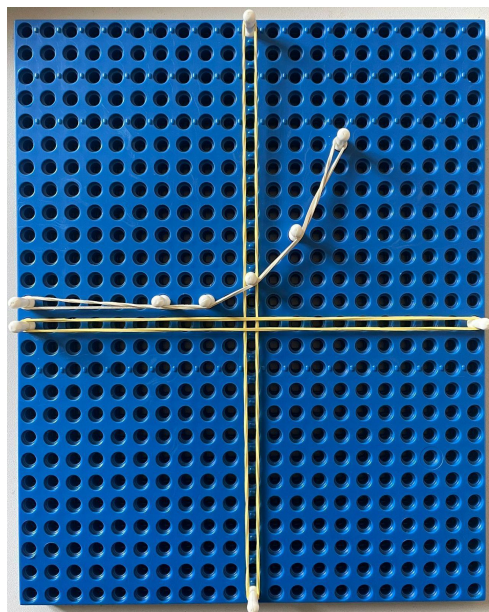
Fonte: arquivo da autora

³ As funções nos títulos das figuras serão escritas da forma que o aluno escreve.

Essa estrutura mantém uma lógica que pode ser descrita no registro, o que facilitou o entendimento de como funciona uma tabela. O que antes para Pedro era apenas um conceito visual que citaram para ele, agora, escrito em linhas, pode ser lido pelo NVDA assim como é registrado.

Após a construção da tabela, os valores foram representados no Multiplano.

Figura 12: Gráfico da função $f(x)=2^x$



Fonte: arquivo da autora

Para essa representação, optou-se por numerar os eixos cartesianos com marcações de 0,5 em 0,5 – ou seja, pulando um furo do tabuleiro a cada unidade – com o objetivo de garantir maior espaço para a percepção tátil dos pontos e evitar a sobreposição de elementos.

Para a marcação dos pontos, foi necessário lidar com uma limitação física do recurso: os valores de $y = \frac{1}{2}$ e $\frac{1}{4}$, embora distintos, precisaram ser posicionados na mesma linha do tabuleiro devido à escala adotada e ao tamanho do Multiplano. A explicação disso a Pedro foi no seguinte panorama: nesta função para o valor de x negativo (nos casos de -1 e -2), os valores se aproximam de zero, mas nunca o atingem, o que justifica eles ficarem na mesma linha, mas não no eixo x. O registro tátil, ainda que simbólico, foi suficiente para indicar essa proximidade.

Com a função exponencial construída e compreendida, partiu-se para a abordagem da função logarítmica $f(x) = \log_2(x)$, destacando sua definição como a inversa da exponencial. Para facilitar essa associação e o processo de tabulação, adotou-se a equivalência

$y = \log_2 x \Leftrightarrow x = 2^y$. Agora, ao invés de fixarmos valores de x e encontrarmos y , como fizemos na exponencial, passamos a fixar valores de y e determinar os correspondentes x a partir da igualdade $x = 2^y$. Para que a simetria faça sentido, os valores escolhidos para y nessa função serão os mesmos que escolhemos para x da função exponencial (-2 , -1 , 0 , 1 e 2). Como exemplo, temos que para $y = -2$, achamos o $x = 2^{-2} = 1/4$.

Tabela 2: Tabulação da função $f(x) = \log_2(x)$

Valores de x	Valores de y	Pontos Cartesianos (x,y)
$2^{-2} = 1/4$	$\log_2(2^{-2}) = -2$	$(1/4, -2)$
$2^{-1} = 1/2$	$\log_2(2^{-1}) = -1$	$(1/2, -1)$
$2^0 = 1$	$\log_2(2^0) = 0$	$(1, 0)$
$2^1 = 2$	$\log_2(2^1) = 1$	$(2, 1)$
$2^2 = 4$	$\log_2(2^2) = 2$	$(4, 2)$

Fonte: arquivo da autora

De início, o Pedro não entendeu essa assemelhação, portanto, foi importante explicar como uma propriedade logarítmica reforça essa relação. Como $x = 2^y$, tomando a propriedade da potência $\log_2(2^y) = y \cdot \log_2 2 = y$, e aplicando ao caso que $y = -2$, temos que $\log_2(2^{-2}) = -2 \cdot \log_2 2 = -2$, demonstramos que de fato, faz sentido os valores atribuídos a y , já que o resultado do logaritmo era exatamente o expoente. Após demonstrar essa propriedade, voltei mais uma vez explicando como estão associados os valores de x e y , o que fez mais sentido ao aluno.

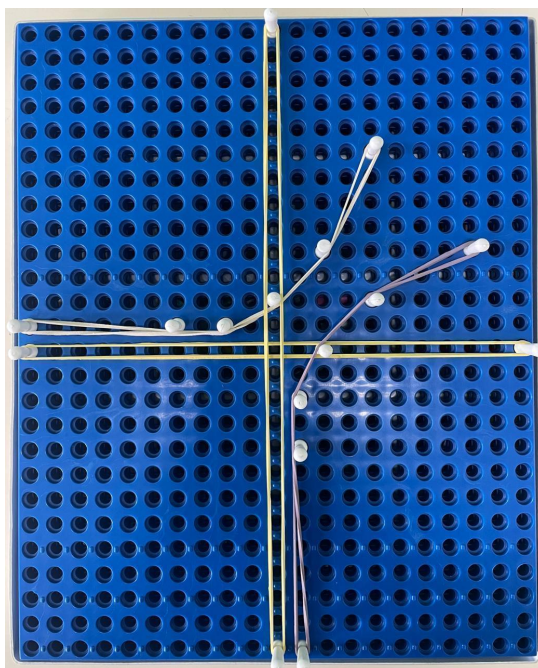
Figura 13: Tabulação em LaTeX da função $f(x) = \log_2(x)$

```
\begin{tabular}
x & y & (x, y)
2^{-2}=1/4 & \log_2(2^{-2})=-2 & (1/4, -2)
2^{-1}=1/2 & \log_2(2^{-1})=-1 & (1/2, -1)
2^0=1 & \log_2(2^0)=0 & (1, 0)
2^1=2 & \log_2(2^1)=1 & (2, 1)
2^2=4 & \log_2(2^2)=2 & (4, 2)
\end{tabular}
```

Fonte: arquivo da autora

Repetimos o processo anterior: após os dados serem tabulados em LaTeX, respeitando a linearidade necessária, o novo gráfico foi construído no Multiplano, junto ao gráfico exponencial que foi gerado.

Figura 14: Gráfico da função $f(x) = \log_2(x)$

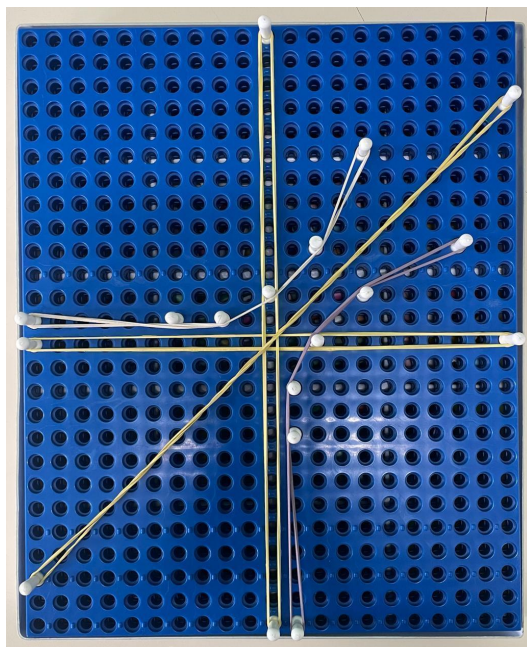


Fonte: arquivo da autora

Após a plotagem dos pontos cartesianos, o aluno construiu o gráfico da função logarítmica, momento em que exploramos a disposição das funções no mesmo plano cartesiano. Ao pedir que examinasse tatilmente as representações gráficas, pedimos, também, que identificasse possíveis correspondências ou padrões entre as duas funções. Imediatamente, o aluno fez uma observação: "Os gráficos parecem iguais, só que de costas um para o outro". Espontaneamente, ele demonstrou uma compreensão intuitiva da relação entre essas funções, conseguindo abstrair essa representação de maneira tátil.

Para complementar e explicar a simetria em relação a reta $x = y$, adicionei a reta no plano cartesiano, para que houvesse uma nova associação.

Figura 15: Relação de reflexão entre as funções exponencial e logarítmica



Fonte: arquivo da autora

Após inserir a reta no plano cartesiano, o aluno demonstrou compreender o conceito de simetria entre as funções. Através da exploração tátil, percebeu que pares de pontos correspondentes, como $(1,0)$ e $(0,1)$, mantêm exatamente a mesma distância em relação à reta $y = x$. Essa constatação feita demonstra o objetivo de mostrar como a reta atua como eixo de simetria entre as funções exponencial e logarítmica.

Esta experiência revela também como o ensino de conceitos matemáticos para alunos cegos devem ser adaptados. Enquanto alunos videntes costumam compreender a simetria através da analogia do espelho, no caso de alunos cegos, essa noção se constrói de maneira diferente – através da percepção de distâncias equivalentes e relações espaciais táteis. A equivalência métrica entre os pontos mostrou-se uma boa alternativa à representação do gráfico da função.

6.3.2 O domínio da função logarítmica

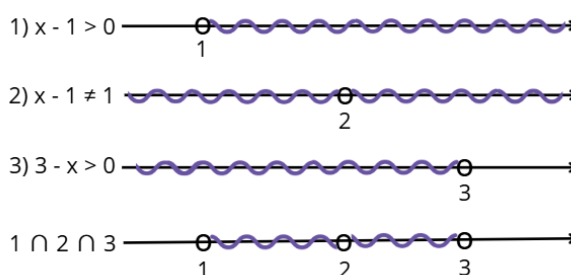
Ao trabalhar com funções logarítmicas cujo logaritmando ou a base possuem variáveis, é necessário realizar um estudo para identificar o conjunto de valores de x que satisfazem as restrições de existência da função – ou seja, seu domínio. Esse processo,

conhecido como estudo de sinais, costuma ser representado de forma visual, o que impõe desafios para um aluno cego.

No caso da função $f(x) = \log_2 x$, que foi explorada neste trabalho, é simples: como pela definição o logaritmando (nesse caso, o x) deve ser maior que zero, então seu domínio deverá obedecer à mesma condição. No entanto, quando temos expressões mais complexas na base ou no logaritmando, o processo exige que cada uma das condições seja analisada individualmente, e seus resultados cruzados por interseção.

No ensino básico, a construção do estudo de sinais é totalmente visual, como na figura 16, onde mostra a construção do domínio de uma função.

Figura 16: Estudo de sinais do domínio de $f(x) = \log_{x-1}(3-x)$



Fonte: arquivo da autora

Nesta função, podemos observar que suas expressões foram enumeradas de modo que possam ser analisadas cada uma separadamente, para, no fim, achar a interseção de todas. Essa representação contribui para que o aluno visualize claramente onde se dará interseção. No caso de Pedro, foi necessário adaptar essa construção para um formato tátil, utilizando o multiplano.

Para relatar esse processo, vou trabalhar com a função $f(x) = \log_{x-1}(x^2 - 9)$. Inicialmente, tentei conduzir com Pedro esse estudo apenas por meio da escrita linear no bloco de notas.

Figura 17: Registro das inequações da função $f(x) = \log_{x-1}(x^2 - 9)$

```

1 - x-1>0
x>1

2 - x-1!=1
x!=2

3 - x^2-9>0
x^2>9
x>+-3

```

Fonte: arquivo da autora

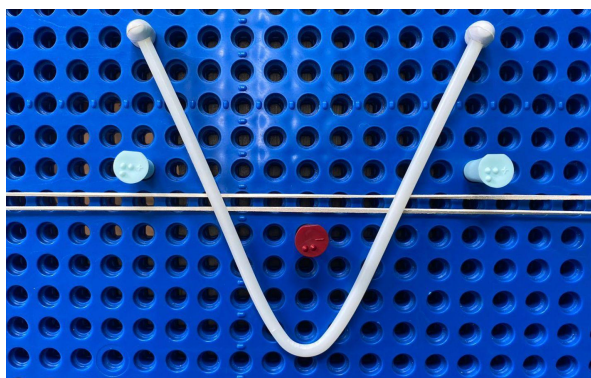
No entanto, percebi que ao trabalhar com múltiplas desigualdades simultaneamente, a compreensão se tornava mais difícil. Embora ele conseguisse resolver as expressões isoladamente, no momento de pensar na "interseção" entre os conjuntos, o recurso tátil se mostrou necessário.

Para organizar essa construção no multiplano, iniciei construindo três retas para cada uma das três inequações envolvidas e uma quarta reta para representar a interseção entre elas. O primeiro passo foi marcar, em cada linha, os valores encontrados no registro feito. No primeiro caso, por exemplo, tínhamos $x > 1$. Assim, escolhemos um local estratégico na reta para representar o ponto 1 e, a partir dele, colocamos os retângulos brancos que indicavam a região válida da inequação, ou seja, todos os valores maiores que 1.

Na segunda inequação, tínhamos $x \neq 2$. Esse tipo de desigualdade exigia um cuidado especial. Para representar isso na reta 2, distribuímos os quadradinhos brancos ao longo de toda a reta, com exceção exata onde fica o pino que indicava 2. Essa ausência da peça naquele ponto sinalizava ao Pedro que aquele valor específico não poderia ser considerado. É um detalhe aparentemente pequeno, mas que faz toda a diferença. Mostra ao aluno que o valor está ali, mas não pode ser incluído no domínio. Por exemplo, se a inequação fosse $x \geq 3$, então o quadradinho branco deveria ocupar o espaço do pino correspondente ao valor de 3, pois esse valor estaria no domínio.

A terceira inequação era ainda mais rica, pois envolvia uma inequação do segundo grau. Ao resolvê-la, encontramos duas raízes: $x_1 = -3$ e $x_2 = 3$. Como o coeficiente da variável quadrática era positivo, sabíamos que o gráfico correspondente seria uma parábola com concavidade voltada para cima. Isso significa que a função assumiria valores positivos fora do intervalo entre as raízes e valores negativos dentro dele. Assim, como nossa inequação exigia que a função fosse maior que zero, os intervalos de interesse estavam à esquerda de -3 e à direita de 3 , por serem positivos.

Figura 18: Estudo de sinais da inequação quadrática

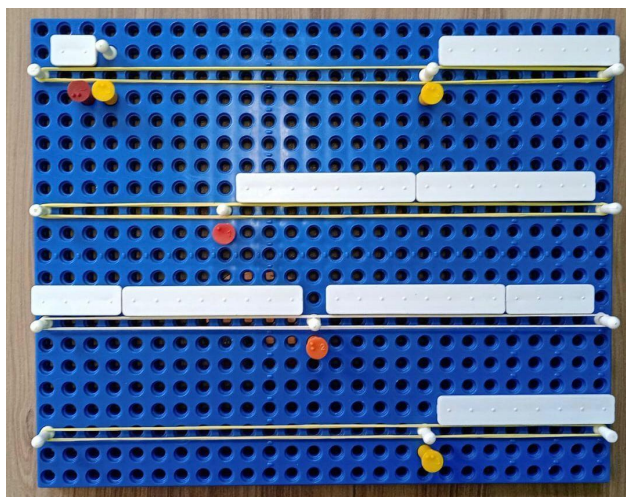


Fonte: arquivo da autora

No multiplano (Figura 18), essa situação foi representada com duas sequências de quadradinhos brancos: uma antes de -3 e outra após o 3 , deixando o intervalo entre eles (inclusive os pontos extremos) sem peça alguma.

Após a montagem individual de cada linha, iniciamos a etapa mais importante: a interseção das soluções. Pedi a Pedro que deslizasse os dedos de cima para baixo em diferentes posições do plano. O objetivo era identificar os locais em que ele encontrasse três quadradinhos brancos alinhados – um em cada uma das três primeiras linhas. Esses pontos seriam os candidatos a pertencer à interseção do conjunto solução. Com bastante atenção, ele percebeu que isso acontecia em uma região: para valores maiores que 3 . Com essa percepção, ele mesmo colocou as peças brancas na quarta linha, marcando essa região como a solução final do problema, ou seja, o domínio da função logarítmica.

Figura 19: Estudo de sinais do domínio da função no Multiplano



Fonte: arquivo da autora

Após encontrar o domínio, também é feito o registro da solução formal, já que é exigida uma resposta final no momento das listas e avaliações.

Figura 20: Registro do domínio da função $f(x) = \log_{x-1}(x^2 - 9)$

$$d(f) = \{x \text{ pertence a } \mathbb{R} \mid x > 3\}$$

Fonte: arquivo da autora

Essa experiência trouxe não apenas uma resposta correta, mas um entendimento do que é realizar um estudo de sinais. A estratégia de tatear linha por linha, buscando por interseções com o toque, oferece ao aluno uma vivência sensorial do conteúdo. Invés de confiar apenas na memória para associar as três inequações, Pedro pôde ‘visualizar’ com as

mãos onde essas soluções se cruzavam. Isso transformou um conteúdo tradicionalmente visual e abstrato em algo concreto e explorável.

Minha contribuição neste processo foi estruturar a base: separar as linhas para cada inequação e orientar Pedro na marcação dos pontos relevantes. No entanto, a ação de colocar os quadradinhos nos lugares certos, inclusive respeitando os detalhes como a exclusão dos valores de cada ponto quando era diferente, menor ou maior, foi feita por ele. Essa participação ativa é essencial para o aprendizado e demonstra o quanto a acessibilidade pode e deve ser pensada de forma a garantir não apenas o acesso, mas também a autonomia e a construção do conhecimento.

7. PODEMOS FALAR DE INCLUSÃO NO CASO DO PEDRO?

Para tentar responder a essa questão, estabeleceremos diálogo com alguns autores referenciados nesse texto, por meio de suas ideias acerca da inclusão.

Para Torisu e Silva (2016, p. 272), por exemplo, a inclusão precisa ser concebida a partir de “[...] ações que oportunizem acesso, aprendizagem e permanência a todos os estudantes, independentemente de suas condições”. Sassaki (2009, p. 1) trata a inclusão como um processo pelo qual os sistemas comuns se tornam adequados para receber toda a diversidade humana. A Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva defende o acesso aos espaços, aos recursos pedagógicos e à comunicação que favoreçam a promoção da aprendizagem e a valorização das diferenças como aspectos a serem considerados para o processo de inclusão. Para Mantoan (2017), a inclusão deve assegurar o direito à diferença na igualdade de direitos.

Acesso, permanência, aprendizagem, sistemas adequados, valorização das diferenças, comunicação, são termos recorrentes nas discussões sobre inclusão e, por essa razão, devem ser considerados para a nossa tentativa de resposta.

No nosso entendimento, ao ingressar na escola técnica, Pedro teve acesso à educação. Contudo, o acesso sem condições de permanência não garante inclusão. Sabemos que a permanência de Pedro na escola depende de vários aspectos, relativos à escola, família, políticas públicas, etc. Na escola, ações podem contribuir para a permanência do aluno nas atividades escolares. São essas ações que nos interessam no caso de Pedro. Elas existiram?

A escola oferece tecnologias digitais, como a adaptação em LáTeX por intermédio dos leitores de tela e o Multiplano para que Pedro possa aprender matemática e outras disciplinas. Essas ferramentas não garantem permanência, mas contribuem para que ela ocorra ao oferecer um ambiente adequado, do tipo considerado por Sassaki (2009). A permanência de Pedro na escola seria dificultada caso esses recursos não existissem. Pedro tem acesso a todos os recursos disponíveis na escola, em termos de tecnologia – digital ou não – para promoção de sua aprendizagem. Mais que isso, Pedro é assistido por uma discente de um curso de licenciatura em matemática para que ele possa aprender os conteúdos matemáticos. Naturalmente, por causa de sua deficiência, adaptações são necessárias na maneira como os conteúdos são apresentados. Porém, isso também ocorre pelas mãos da discente que o assiste e pelas suas próprias mãos. Basta revermos os exemplos de função exponencial e logarítmica apresentados nesse texto.

Outro aspecto que não pode ser desconsiderado na experiência de Pedro na escola é a comunicação que favoreça a sua aprendizagem e, muito importante, medeia a suas relações

sociais no ambiente escolar. A comunicação que favorece a sua aprendizagem ocorre na sala de aula, quando o professor se preocupa, por exemplo, em não ministrar o conteúdo como se todos fossem alunos videntes. Isso demonstra um respeito às diferenças. Nos casos em que há necessidade de aprender habilidades fora da sala de aula, em sala de recurso, por exemplo (Omote, 2006), a discente que o assiste se preocupa que a comunicação entre ela e o aluno seja da forma mais clara possível como um caminho que facilite a aprendizagem.

A comunicação entre Pedro e os colegas de turma também precisa ser considerada nesse contexto, se estamos tratando de aspectos que contribuem para a sua permanência. Podemos dizer, a partir das vivências em sala de aula, que a comunicação entre Pedro e os colegas é saudável, favorecendo um ambiente social de respeito mútuo.

A partir dessas considerações, acreditamos ser a experiência de Pedro, em Matemática e na escola, em geral, uma experiência de inclusão. É a ideal? Provavelmente, não, pois há melhorias que podem ocorrer. Contudo, configura-se como uma iniciativa significativa que busca assegurar, além do respeito, oportunidades reais de acesso e participação na aprendizagem,

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A experiência apresentada ao longo deste trabalho mostrou que o ensino de Matemática para um aluno cego vai muito além da adaptação de conteúdos visualmente explícitos, como os relacionados à geometria, por exemplo. Ainda que esses tópicos sejam importantes, restringir o olhar do professor apenas a esse campo limita a aprendizagem. É preciso pensar na Matemática como um todo, refletindo não apenas sobre quais recursos podem substituir o aspecto visual, mas também sobre como se constrói a comunicação, como se descrevem conceitos, esquemas e gráficos, e como se cria uma linguagem didática que seja efetivamente acessível para o aluno.

No caso de Pedro, todos esses aspectos se entrelaçaram em um contexto particular, marcado por condições que contribuíram para a sua aprendizagem, mas que, ao mesmo tempo, revelam um cenário diferente da realidade de parte dos alunos com deficiência visual. Ele foi alfabetizado no Instituto São Rafael, referência na formação de pessoas cegas, onde teve contato com o Braille e com tecnologias assistivas, e tendo essa base complementada pelo interesse pela programação. De acordo com Salvino (2017), o desenvolvimento de formas de pensamento lógico e estruturado em contextos diferentes da Matemática escolar tende a facilitar a adaptação e compreensão de conceitos matemáticos formais. Assim, o repertório prévio de Pedro, aliado à vivência em ambientes que valorizam o raciocínio lógico, certamente influenciou a forma como ele se apropriou dos conteúdos abordados. Além disso, a presença de professores conscientes da sua situação, o acompanhamento especializado e a disponibilidade de recursos pedagógicos, constituem elementos que ampliam as oportunidades de aprendizagem. Isso nos mostra que experiências como a de Pedro, apesar de positivas, não podem ser tomadas como um retrato do que ocorre na educação de todos os alunos cegos, uma vez que cada trajetória escolar é marcada por diferentes repertórios, condições socioeconômicas, estrutura familiar e oportunidades.

Apesar das condições favoráveis, a experiência revelou que os desafios permanecem. Pedro, por exemplo, ainda enfrenta dificuldades na exploração tátil de materiais como o multiplano, exigindo acompanhamento para realizar tarefas que, para um aluno vidente, seriam interpretadas de forma imediata pela visão. Além disso, ao interagir com o conteúdo mostrou que compreender um conceito não é o mesmo que repeti-lo. Em alguns momentos, Pedro conseguia reproduzir respostas corretas a partir de padrões lógicos identificados na fala da professora, mas isso não significava necessariamente que havia compreendido a estrutura matemática envolvida. Esse aspecto exige atenção redobrada do professor, que precisa investigar se o aluno está apenas reproduzindo informações ou se realmente internalizou o

raciocínio necessário, o que reforça a necessidade de que a comunicação com esse aluno seja estabelecida de forma clara.

A maior parte da aprendizagem de Pedro ocorre pela escuta. Isso significa que a forma como o professor se comunica, desde a escolha das palavras até a sequência em que apresenta informações, é determinante para o sucesso do processo de ensino. Não basta “adaptar” um material: é preciso traduzi-lo em uma linguagem que faça sentido para o aluno, criando pontes entre a representação verbal e a estrutura matemática que está sendo ensinada.

Esta vivência reforçou que a inclusão não é apenas uma questão de oferecer ferramentas, mas de promover interações nas quais o professor compreende as particularidades do aluno e ajusta seu discurso e suas metodologias.

Assim, este relato de experiência contribui para ampliar o repertório da Educação Matemática Inclusiva ao evidenciar que a aprendizagem de alunos cegos depende tanto da adaptação de materiais quanto da qualidade da mediação pedagógica. Ao compartilhar essas observações, espera-se estimular outros educadores a refletirem sobre suas práticas, a explorarem diferentes estratégias didáticas e a perceberem que a construção de um ensino inclusivo envolve não apenas atender às necessidades específicas do aluno, mas também criar condições para que ele desenvolva autonomia em seu próprio processo de aprendizagem.

9. REFERÊNCIAS

BERSCH, Rita. Introdução às Tecnologias Assistivas. *In: Assistiva Tecnologia e Informação* [site], Porto Alegre, 2017. Disponível em: <http://www.assistiva.com.br/Introducao_Tecnologia_Assistiva.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2025.

BRASIL. Comitê de Ajudas Técnicas / Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência. Secretaria Especial dos Direitos Humanos. **Portaria nº 142**, de 16 nov. 2006.

BRASIL. Declaração de Salamanca e linha de ação sobre necessidades educativas especiais. Brasília: UNESCO, 1994. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/salamanca.pdf>. Acesso em: 26 maio 2025.

BRASIL. **Lei nº 10.098**, de 19 de dezembro de 2000. Brasília: MEC, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva. Brasília: MEC/SEESP, 2008.

BORGES, José Antonio dos Santos. **Do Braille ao DOSVOX: diferenças nas vidas dos cegos brasileiros**. 2009. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas e Computação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

CALHEIROS, David dos Santos; MENDES, Enicéia Gonçalves; LOURENÇO, Gerusa Ferreira. Considerações acerca da tecnologia assistiva no cenário educacional brasileiro. **Revista Educação Especial**, v. 31, n. 60, p. 229-244, 2018.

CARVALHO, Júlio Cesar Queiroz; COUTO, Sheila Gonçalves; CAMARGO, Eder Pires. A linguagem LaTeX e o ensino de física para alunos com deficiência visual. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 23, n. 2, p. 424-438, ago. 2018.

CARVALHO, Rosita Edler. Educação inclusiva: do que estamos falando? **Revista Educação Especial**, n. 26, p. 19–30, 2011.

DOSVOX. **Projeto Dosvox**: Sistema para deficientes visuais. Universidade Federal do Rio de Janeiro – Instituto Tércio Pacitti. Disponível em: <http://intervox.nce.ufrj.br/dosvox/>. Acesso em: 4 jul. 2025.

FERNANDES, Solange Hassan Ahmad Ali; HEALY, Lulu. Educação Matemática e inclusão: abrindo janelas teóricas para a aprendizagem de alunos cegos. **BOLEMA: Boletim de Educação Matemática**, Rio Claro, v. 5, n. 10, p. 91–105, 2008.

FRANT, Janete Bolite. Tecnologia Assistiva para uma Educação Matemática Inclusiva. **Com a Palavra, o Professor**, [S. l.], v. 7, n. 17, p. 202–215, 2022. DOI: 10.23864/cpp.v7i17.777.

GALVÃO FILHO, Teófilo. Favorecendo práticas pedagógicas inclusivas por meio da Tecnologia Assistiva. **Compartilhando experiências: ampliando a comunicação alternativa**, p. 71-82, 2011.

GUEDES, Livia Couto. **Barreiras atitudinais nas instituições de ensino superior: questão de educação e empregabilidade**. 2007. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

LANUTI, José Eduardo de Oliveira Evangelista. **Educação Matemática e Inclusão Escolar: a construção de estratégias para uma aprendizagem significativa**. 2015. 127f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Tecnologia – Presidente Prudente/SP.

LIMA, Reinaldo Feio; BORGES, Fábio Alexandre; CAMARGO DE ALMEIDA KLAUS, Vanessa Lucena; MACIEL VILHENA, Vera Débora. Um breve panorama das pesquisas produzidas pelo GT13 no Brasil sobre educação Matemática Inclusiva. **Revista Sergipana De Matemática e Educação Matemática**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 367–383, 2023.

MANTOAN, Maria Teresa Eglér. Inclusão, diferença e deficiência: sentidos, deslocamentos, proposições. **Inclusão Social**, Brasília, DF, v. 10, n. 2, p. 37–46, jan./jun. 2017.

MORÁS, Nadjanara Ana Basso; ANTUNES, Francieli Cristina Agostinetto; NOGUEIRA, Clélia Maria Ignatius. Educação Matemática Inclusiva: o que Mostram as Pesquisas Publicadas Entre 2013 e 2018 em Periódicos com Qualis em Ensino. **Jornal Internacional de Estudos em Educação Matemática**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 115–121, 2023.

MULTIPLANO. **Multiplano Produtos Educacionais**. s.d. Disponível em: <https://multiplano.com.br/multiplano-quem-somos/>. Acesso em 05 jul. 2025.

NERY, Érica Santana Silveira; DE SÁ, Antônio Villar Marques. A deficiência visual em foco: estratégias lúdicas na Educação Matemática Inclusiva. **Revista Educação Especial**, v. 32, p. 1-26, 2019.

NERY, Érica Santana Silveira; DE SÁ, Antônio Villar Marques. Pesquisas em Educação Matemática Inclusiva: possibilidades e desafios da utilização de tecnologias digitais e assistivas. **Revista Baiana De Educação Matemática**, v. 1, p. e202006-e202006, 2020.

NOGUEIRA, Clélia Maria Ignatius. Educação Matemática Inclusiva: do que, de quem e para quem fala. **Educação Matemática: diferentes olhares e práticas**, p. 109-132, 2020.

NUNES, Sylvia da Silveira; SAIA, Ana Lucia; TAVARES, Rosana Elizete. Educação inclusiva: Entre a História, os Preconceitos, a Escola e a Família. **Psicologia: Ciência e Profissão**, Brasília, v. 35, n. 4, p. 1106–1119, out./dez. 2015.

NV ACCESS. **About NVDA**. s.d. Disponível em: <https://nvaccess.org/about-nvda/>. Acesso em: 03 jul. 2025.

OMOTE, Sadao. Inclusão e a questão das diferenças na educação. **Perspectiva**, v. 24, n. 3, p. 251–272, 2006.

SALVINO, Ligiane Gomes Marinho. **Tecnologia assistiva no ensino de matemática para um aluno cego do ensino fundamental: desafios e possibilidades**. 2017. Dissertação

(Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Estadual da Paraíba, João Pessoa, 2017.

SANTOS, Juliana Alves Lopes dos; EUSTÁQUIO MOREIRA, Geraldo. Educação Matemática Inclusiva: Tecnologia Assistiva e Softwares para a Acessibilidade. **Cadernos Cajuína**, [S. l.], v. 9, n. 4, p. e249419, 2024.

SASSAKI, Romeu Kazumi. Inclusão: acessibilidade no lazer, trabalho e educação. **Revista Nacional de Reabilitação (Reação)**, v. 12, n. 2, p. 10-16, 2009.

SGANZERLA, Maria Adelina Raupp. **Deficiência visual e a educação matemática: estudo sobre a implementação de tecnologia assistiva**. 2020. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2020.

TORISU, Edmilson Minoru. A Teoria Social Cognitiva e o Ensino-Aprendizagem da Matemática: considerações sobre as crenças de auto-eficácia matemática. **Ciências & cognição**, v. 14, n. 3, p. 168-177, 2009.

TORISU, Edmilson Minoru; SILVA, Marcilene Magalhães. A formação do professor de matemática para a educação inclusiva: um relato de experiência no curso de matemática de uma universidade federal brasileira. **Revista Paranaense de Educação Matemática**, Campo Mourão, v. 5, n. 9, p. 270–285, jul./dez. 2016.

VERASZTO, Estéfano Vizconde et al. Tecnologia: buscando uma definição para o conceito. **Prisma.com**, n. 8, p. 19-46, 2009.