



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA NATUREZA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

EUCLIDES XAVIER FERREIRA

**INTERFACES ENTRE O BRAILLEOPERMAT E A AUDIODESCRIÇÃO
DIDÁTICA COMO ESTRATÉGIAS PARA O ENSINO DO SISTEMA DE
NUMERAÇÃO DECIMAL E SUAS OPERAÇÕES A ESTUDANTES COM
DEFICIÊNCIA VISUAL**

**RIO BRANCO
2025**

EUCLIDES XAVIER FERREIRA

**INTERFACES ENTRE O BRAILLEOPERMAT E A AUDIODESCRIÇÃO
DIDÁTICA COMO ESTRATÉGIAS PARA O ENSINO DO SISTEMA DE
NUMERAÇÃO DECIMAL E SUAS OPERAÇÕES A ESTUDANTES COM
DEFICIÊNCIA VISUAL**

Texto de defesa apresentado ao Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal do Acre (UFAC), como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre Profissional em Ensino de Ciências e Matemática.

Área de Concentração: Ensino de Ciências e Matemática

Linha de pesquisa: Recursos e Tecnologias em Ensino de Ciências e Matemática

Orientadora: Profa. Dra. Salete Maria Chalub Bandeira

**RIO BRANCO
2025**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

- F383i Ferreira, Euclides Xavier, 1982 -
Interfaces entre o brailleopermat e a audiodescrição didática como estratégias para o ensino do sistema de numeração decimal e suas operações a estudantes com deficiência visual / Euclides Xavier Ferreira; orientadora: Profa. Dra. Salete Maria Chalub Bandeira. – 2025.
137 f. : il.
- Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Acre, Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática (MPECIM). Rio Branco, 2025.
Inclui referências bibliográficas, apêndice e anexo.
1. Matemática – Ensino e aprendizagem. 2. Tecnologias assistivas. 3. Audiodescrição. I. Bandeira, Salete Maria Chalub (orientadora). II. Título.

CDD: 510.7

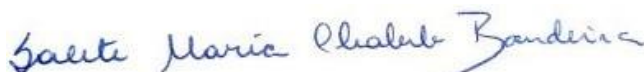
EUCLIDES XAVIER FERREIRA

**INTERFACES ENTRE O BRAILLEOPERMAT E A AUDIODESCRIÇÃO
DIDÁTICA COMO ESTRATÉGIAS PARA O ENSINO DO SISTEMA DE
NUMERAÇÃO DECIMAL E SUAS OPERAÇÕES A ESTUDANTES COM
DEFICIÊNCIA VISUAL**

Texto de defesa submetido à banca examinadora do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal do Acre, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Resultado: **APROVADO COM LOUVOR** Rio Branco – AC, 13/10/2025

Banca Examinadora



Profa. Dra. Saleti Maria Chalub Bandeira
MPECIM/UFAC (Orientadora)



Prof. Dr. Pierre André Garcia Pires
MPECIM/UFAC (Membro Interno)



Profa. Dra. Joseane de Lima Martins
PPGE/UFAC (Membro Externo)



Profa. Dra. Simone Maria Chalub Bandeira Bezerra
MPECIM/UFAC (Suplente)

**RIO BRANCO – AC
2025**

Dedico este trabalho à minha mãe, Hermínia Xavier Ferreira, pelo amor, apoio incondicional e por sempre me incentivar a continuar os estudos, buscando constantemente o aprimoramento e o crescimento. Seu exemplo de dedicação e força foi essencial para que eu chegasse até aqui. À minha orientadora, Profa. Dra. Salete Maria Chalub Bandeira, que me apresentou não apenas ao MPECIM, mas também ao universo da inclusão. Sua orientação cuidadosa, compreensão e suporte foram indispensáveis para que esta pesquisa se tornasse realidade. Sem sua dedicação e incentivo, este trabalho não existiria da mesma forma. A vocês, minha eterna gratidão!

AGRADECIMENTOS

Agradeço, de forma muito especial, à minha orientadora, *Profa. Dra. Salete Maria Chalub Bandeira*, cuja dedicação ultrapassou o âmbito profissional. Sua paciência, sua forma única de ensinar e o cuidado constante fizeram-me sentir parte de sua família acadêmica. Com ela aprendi que *o erro é constitutivo da aprendizagem e que, em sala de aula, errar é também um caminho para compreender melhor*. Sou imensamente grato por me ajudar a transformar troços em descobertas. Registro meu reconhecimento às pessoas cegas que participaram desta pesquisa — Lua, Sol e Estrela — pela confiança, disponibilidade e contribuições decisivas ao aperfeiçoamento do BrailleOperMat e dos roteiros de audiodescrição didática. Estendo esse agradecimento às famílias e responsáveis pelo consentimento e parceria ao longo das sessões. Agradeço ao Núcleo de Apoio à Inclusão da UFAC (NAI/UFAC), ao Centro de Apoio Pedagógico para Atendimento às Pessoas com Deficiência Visual do Acre (CAP-AC) e às equipes que asseguraram espaços acessíveis, apoio técnico e pedagógico. Aos especialistas em *braille* e audiodescrição E1, E2 e E3, pela análise criteriosa e pelas recomendações que orientaram ajustes de design e de mediação didática. Aos licenciandos do Curso de Matemática da UFAC, em Rio Branco e Jordão, pela participação nas atividades formativas; à Escola Estadual Maria Angélica, pela parceria e abertura do espaço escolar; e à Sociedade Brasileira de Educação Matemática (SBEM), pelo acolhimento no XV Encontro Nacional de Educação Matemática, em Manaus, que favoreceu o diálogo e a socialização do protótipo com a comunidade acadêmica. À coordenação, professores e equipe técnico-administrativa do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática da UFAC (MPECIM), pelo suporte institucional. Ao professor da trilha IoT/Indústria 4.0, Rodrigo Silva Souza, cuja formação em Modelagem 3D e Manufatura Aditiva foi determinante para a concepção e a impressão do BrailleOperMat. Agradeço, de modo muito especial, à minha amiga e parceira de estudos Ingrath Narrayany Costa Nunes; sem o seu incentivo e companheirismo, eu não teria conseguido escrever o projeto que me levou ao ingresso no programa. Ao amigo Fernando Neri de Arruda, pelas orientações generosas e pela ajuda nos momentos em que me faltou inspiração — sua escuta e seus apontamentos tornaram possível a continuidade desta dissertação. Ao Prof. Sandro Ricardo Pinto da Silva, pelo apoio e orientação durante a inscrição e a etapa de avaliação para o ingresso no programa, abrindo portas e mostrando caminhos. À banca examinadora — *Prof. Dr. Pierre André Garcia Pires* e *Profa. Dra. Joseane de Lima Martins* — e à suplente *Profa. Dra. Simone Maria Chalub Bandeira Bezerra*, pelas leituras criteriosas, sugestões e provocações que fortaleceram a qualidade desta dissertação.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização desta pesquisa — colegas, técnicos, intérpretes e colaboradores — pela disponibilidade, pelo incentivo e pela parceria constante. A cada um, muito obrigado por ajudarem a transformar possibilidades em caminhos concretos.

"Eu me diverti mais fazendo isso do que qualquer outra coisa na minha vida" – (Shannon, 1982)

RESUMO

A presente pesquisa tem como objetivo investigar de que forma o uso do material manipulável *BrailleOperMat*, somado à audiodescrição didática, podem minimizar as barreiras e ampliar as possibilidades de aprendizagem do Sistema de Numeração Decimal (SND) e operações matemáticas a estudantes com deficiência visual. Para isso, propõe-se o uso do material manipulável *BrailleOperMat* e da audiodescrição didática, visando ampliar a acessibilidade e tornar o ensino da matemática mais próximo do estudante em seu contexto cultural. O estudo fundamenta-se nas perspectivas de uma Matemática Inclusiva, com a construção e uso da Tecnologia Assistiva e nos conceitos de mediação e interação social de Lev Vigotski (2007), explorando o material manipulável construído com pessoas cegas para se chegar a uma melhor adaptação do protótipo inicial para ensinar o SND a esse público. A pesquisa adota uma abordagem qualitativa, do tipo estudo de caso, realizada no Núcleo de Apoio à Inclusão da Universidade Federal do Acre (NAI/UFAC) e no Centro de Apoio Pedagógico para Atendimento às Pessoas com Deficiência Visual do Acre (CAP-AC) com a participação de três pessoas cegas, dois deles cegos congênitos (nomeados por Lua e Sol), uma com cegueira adquirida aos 17 anos (nomeada por Estrela) e três professores especialistas em *braille* e Audiodescrição (nomeados por E1, E2 e E3) convidados para participar da pesquisa, validar o protótipo e colaborar com as sugestões de atividades propostas e melhoradas nas intervenções realizadas com Lua, Estrela e Sol. Foram realizadas quatro intervenções com a aplicação do *BrailleOperMat*. Para coleta e análise dos dados, foi utilizado o diário do pesquisador, as gravações das intervenções com o uso do celular e/ou *google meet*, entrevista semiestruturada gravada com os estudantes cegos. Os resultados das intervenções apontaram melhorias no *design* do protótipo inicial (versão 0) e na versão 1, frente a escrita do *braille*, nas contas cilíndricas, na inserção de marcações para uma melhor localização dos conceitos a serem trabalhados, nos encaixes, e nas linhas na passagem dos módulos vai um (1ª linha), para os módulos das operações (na 2ª linha) e, nos módulos do resultado (na 3ª linha). Portanto, o *BrailleOperMat* aliado a audiodescrição didática apresentou potenciais para contribuir com a compreensão do SND e aproximar a resolução das operações com os números naturais do algoritmo explicado nas aulas pelos professores. Como Produto Educacional a proposta final foi a elaboração de um Material manipulável *BrailleOperMat* - Coletânea de atividades com a unidade temática de números - descobertas do Sistema de Numeração Decimal e as operações de adição, subtração e multiplicação com audiodescrição didática.

Palavras-chave: Aprendizagem Matemática. Tecnologia Assistiva. Audiodescrição Didática. Sistema de Numeração Decimal. Recursos Manipuláveis

ABSTRACT

This research aims to investigate how the use of the BrailleOperMat manipulable material, combined with didactic audio description, can minimize barriers and expand learning opportunities of the Decimal Number System (DNS) and mathematical operations for students with visual impairments. To this end, the study proposes the use of the BrailleOperMat and didactic audio description to enhance accessibility and make mathematics teaching more meaningful and culturally relevant to the students. The study is grounded in the perspectives of Inclusive Mathematics, incorporating the construction and use of Assistive Technology, as well as the concepts of mediation and social interaction proposed by Lev Vygotsky (2007). It explores the manipulable material developed with blind individuals to achieve an improved adaptation of the initial prototype designed to teach the DNS to this audience. This qualitative research adopts a case study approach, conducted at the Support Center for Inclusion (NAI/UFAC) and the Pedagogical Support Center for Assistance to People with Visual Disabilities of Acre (CAP-AC). Participants included three blind individuals—two congenitally blind (referred to as Lua and Sol) and one who acquired blindness at the age of 17 (referred to as Estrela)—and three teachers specialized in Braille and Audio Description (identified as E1, E2, and E3). These teachers were invited to participate in the study, validate the prototype, and contribute with suggestions for activities proposed and refined during the interventions carried out with Lua, Estrela, and Sol. Four interventions were conducted using the BrailleOperMat. Data collection and analysis were based on the researcher's field diary, recorded intervention sessions (via mobile phone and/or Google Meet), and semi-structured interviews recorded with the blind participants. The results of the interventions indicated improvements in the design of the initial prototype (version 0) and version 1, particularly in Braille writing, cylindrical counters, inclusion of markers to facilitate spatial orientation of the concepts addressed, fittings, and line alignments—from the “carry-over” modules (first line), to the operation modules (second line), and the result modules (third line). Therefore, the BrailleOperMat, combined with didactic audio description, demonstrated potential to support the understanding of the DNS and to bridge the gap between solving arithmetic operations with natural numbers and the algorithmic explanations provided by teachers in class. As an Educational Product, the final proposal resulted in the development of the *BrailleOperMat – Collection of Activities on the Thematic Unit of Numbers: Discoveries of the Decimal Number System and the Operations of Addition, Subtraction, and Multiplication with Didactic Audio Description*.

Keywords: Mathematics Learning. Assistive Technology. Didactic Audio Description. Decimal Number System. Manipulative Resources.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Classificação de Barreiras	55
Figura 2 – Dimensões de acessibilidade	56
Figura 3 – Código Braille	57
Figura 4 – Mapa Mental com principais aspectos da audiodescrição didática	64
Figura 5 – Ficha para elaboração da ADD	66
Figura 6 – Exemplo de roteiro da audiodescrição didática	67
Figura 7 – Exemplo de roteiro da audiodescrição didática	67
Figura 8 – Diversidade e Inclusão.....	68
Figura 9 – Gráfico da função do segundo grau $g(x) = x^2+2x$ e $f(x) = 4x + 1$	69
Figura 10 – Módulo do <i>BrailleOperMat</i> representando a ordem das unidades simples, configurado com as contas.	88
Figura 11 – Aplicação do <i>BrailleOperMat</i> para a estudante LUA	92
Figura 12 – Participante Lua sentido as marcações em braille pelo tato	94
Figura 13 – Aplicação da face personalizada do <i>BrailleOperMat</i> para o participante SOL.....	95
Figura 14 – Aplicação do <i>BrailleOperMat</i> para o participante Sol	96
Figura 15 – Aplicação do <i>BrailleOperMat</i> para a participante Estrela	97
Figura 16 – Licenciandos matriculados na disciplina de Tecnologia da Informação e Comunicação (TICs) no Ensino de Matemática (CCET 462) do Curso de Matemática da Universidade Federal do Acre, no município de Rio Branco.....	98
Figura 17 – Aplicação do <i>BrailleOperMat</i> pelos licenciandos em matemática da UFAC em turmas do 6º ano do Ensino Fundamental em Jordão/AC	99
Figura 18 – Atividades desenvolvidas com os Licenciandos do Curso de Matemática no município do Jordão/AC	100
Figura 19 – Primeira fileira do <i>BrailleOperMat</i>	101
Figura 20 – Segunda linha: primeira parcela, bloco do operador, segunda parcela. .	102
Figura 21 – Terceira linha, bloco dos resultados (resultado parcial).	103
Figura 22 – Terceira linha, bloco dos resultados (resultado completo).	103
Figura 23 – Pesquisador com <i>BrailleOperMat</i>	103
Figura 24 – Primeiros rascunhos dos protótipos	108
Figura 25 – Novo rascunho simplificado do protótipo	109
Figura 26 – Interface do site TinkerCAD.....	110
Figura 27 – Modelagem no TinkerCAD (Versão 1.0)	110
Figura 28 – Versão 1.1 do protótipo.....	111
Figura 29 – Modelagem com numeração em braille de 0 a 9	111
Figura 30 – Versão 1.2 do protótipo impresso.....	112
Figura 31 – Ideia de organização para operações de adição	113
Figura 32 – Versão 1.3 com furos para conexão nos módulos.....	114
Figura 33 – Conector modular	114
Figura 34 – Arranjo geométrico dos pontos braille	116
Figura 35 – Formato do relevo do ponto em braille.....	116
Figura 36 – Base e face personalizada do <i>BrailleOperMat</i> Versão 3	118
Figura 37 – <i>BrailleOperMat</i> em sua configuração modular de três linhas	120

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Pesquisas mapeadas no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES.	26
Quadro 2 – Pesquisas mapeadas no Mestrado Profissional no Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal do Acre.....	33
Quadro 3 – Pesquisas mapeadas no Encontro Nacional de Educação Matemática Inclusiva – ENEMI (I, II e III).....	42
Quadro 4 – Síntese comparativa das respostas dos especialistas sobre o <i>BrailleOperMat</i>	97

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AD	Audiodescrição
ADD	Audiodescrição Didática
AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAEE	Centro de Atendimento Educacional Especializado
CAP-AC	Centro de Apoio Pedagógico para Atendimento às Pessoas com Deficiência Visual do Acre
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEADV	Centro Estadual de Atendimento ao Deficiente Visual
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CMU	Código Matemático Unificado
COVID-19	Doença causada pelo Coronavírus SARS-CoV-2
DUA	Desenho Universal para a Aprendizagem
DV	Deficiência Visual
E1, E2, E3	Especialistas participantes da pesquisa
EAD	Educação a Distância
ENEMI	Encontro Nacional de Educação Matemática Inclusiva
FIES	Fundo de Financiamento Estudantil
IBC	Instituto Benjamin Constant
IFAC	Instituto Federal do Acre
IoT	Internet das Coisas
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
LIBRAS	Língua Brasileira de Sinais
MEC	Ministério da Educação e Cultura
MPECIM	Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Ciências e Matemática
NAI	Núcleo de Apoio à Inclusão
NIEAD	Núcleo de Interiorização e Educação a Distância
OMS	Organização Mundial da Saúde
PAA	Plano de Ações Articuladas
PCD	Pessoa com Deficiência
PPCS	Projetos Pedagógicos dos Cursos
PIBID	Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência
SBEM	Sociedade Brasileira de Educação Matemática
SEESP	Secretaria de Educação Especial
SND	Sistema de Numeração Decimal
SRM	Sala de Recursos Multifuncionais
TA	Tecnologia Assistiva
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
TRRS	Teoria dos Registros de Representação Semiótica
UDESC	Universidade do Estado de Santa Catarina
UESC	Universidade Estadual de Santa Cruz
UFAC	Universidade Federal do Acre
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo
UFF	Universidade Federal Fluminense
UFLA	Universidade Federal de Lavras
UFPA	Universidade Federal do Pará
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UNESP	Universidade Estadual Paulista
ZDP	Zona de Desenvolvimento Proximal

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	16
2 O QUE DIZEM AS PESQUISAS	24
2.1 Catálogo digital de teses e dissertações da capes	24
2.2 Mestrado profissional em ensino de ciências e matemática	32
2.3 Encontro Nacional de Educação Matemática Inclusiva.....	40
3 DEFICIÊNCIA VISUAL E APRENDIZAGEM MATEMÁTICA	49
3.1 Conceitos de deficiência visual	49
3.2 Aprendizagem de estudantes com deficiência visual.....	53
3.2.1 A aprendizagem matemática pelo sentido tátil	56
3.2.2 A aprendizagem matemática pelo sentido auditivo	59
3.2.2.1 Audiodescrição	60
3.2.2.2 Audiodescrição Didática.....	61
3.2.2.3 Roteiro da Audiodescrição Didática	65
3.3 Vigotski e a matemática para estudantes com deficiência visual	70
3.4 A Base Nacional Comum Curricular e a Matemática no Ensino Fundamental: Anos Iniciais e Anos Finais.....	74
3.5 A impressão 3D como estratégia de acessibilidade e mediação didática para estudantes com deficiência visual.....	78
3.6 O NAI/UFAC e o CAP-AC na promoção da educação inclusiva.....	79
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA	84
4.1 Natureza da pesquisa.....	84
4.2 Contexto e participantes.....	85
4.3 Ética da Pesquisa.....	87
4.4 Planejamento das Intervenções com o uso do BrailleOperMat	87
4.5 Intervenções com o BrailleOperMat.....	88
4.5.1 Intervenção da participante Lua.....	92
4.5.2 Intervenção do participante Sol.....	92
4.5.3 Intervenção da participante Estrela.....	93
4.5.4 Acompanhamento e apoio pedagógico	94
4.6 Validação do BrailleOperMat em diferentes contextos.....	94
4.7 Considerações preliminares.....	104
4.8 Procedimentos de Análise dos Dados	104
5 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO BRAILLEOPERMAT	106
5.1 Concepção inicial do protótipo	106

5.2	Esboços e versões	107
5.3	Ajustes a partir das primeiras aplicações	115
5.4	Versão 2 do BrailleOperMat	115
5.5	Versão final do BrailleOperMat	117
5.6	Considerações sobre o processo de desenvolvimento	120
6	RESULTADOS DA PESQUISA	123
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	126
	REFERÊNCIAS	128
	APÊNDICE A – Roteiro para Entrevista com Estudantes	137
	APÊNDICE B – Roteiro de Entrevista – Professores e Especialistas	139
	ANEXO A – Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE)	141
	ANEXO B – Declaração da Escola Estadual Profa. Maria Angélica de Castro ...	143

INTRODUÇÃO

Primeiramente, peço licença aos leitores para me apresentar brevemente, utilizando a primeira pessoa. Meu nome é Euclides Xavier Ferreira, filho de seringueiro, nascido na floresta amazônica, próximo ao quilômetro 36 da Estrada do Pacífico que liga os municípios acreanos de Brasiléia e Assis Brasil. Aos dois anos de idade, minha família mudou-se para Xapuri, onde vivi a infância às margens dos rios Xapuri e Acre. Como ribeirinho, minha trajetória escolar foi marcada pelas constantes cheias e vazantes dos rios: frequentemente era necessário nadar com o material escolar na cabeça para chegar à escola ou enfrentar a lama quando as águas baixavam.

Concluí o ensino médio com habilitação para professor no antigo curso de Magistério; entretanto, aos 17 anos, iniciei minha carreira profissional na Secretaria Estadual de Educação do estado do Acre na cidade de Xapuri. Posteriormente, direcionei minha atuação para a área da informática, o que me afastou temporariamente do magistério, mas me proporcionou a oportunidade de desenvolver projetos voltados à acessibilidade digital. Trabalhar com tecnologias digitais, especialmente no desenvolvimento de sites corporativos alinhados aos padrões de acessibilidade estabelecidos pelo *World Wide Web Consortium* (W3C) e regulamentações do Governo Federal, entre outras normativas, ampliou a compreensão acerca das possibilidades de eliminação de barreiras enfrentadas por pessoas com deficiência e transtornos Globais do Desenvolvimento (Transtorno do Espectro Autista) e Altas Habilidades/Superdotação (Brasil, 2008). Essa experiência reforçou meu compromisso com a acessibilidade, evidenciando sua importância não apenas no ambiente digital, mas também como instrumento de promoção da igualdade de oportunidades e da cidadania.

Em 2011, fui aprovado em concurso público e, em 2013, fui convocado pela Universidade Federal do Acre (UFAC) para atuar como *Webdesigner* no Núcleo de Interiorização e Educação a Distância (NIEAD), localizado em Rio Branco, Acre. Essa oportunidade consolidou minha trajetória profissional na área de tecnologias digitais e potencializou meu envolvimento com projetos voltados à educação. Durante esse período, concluí minha primeira graduação em

Tecnologia da Informação pela Universidade Paulista e, posteriormente, especializei-me em Planejamento, Gestão e Implantação da Educação a Distância pela Universidade Federal Fluminense.

Concluí, em 2022, o curso de graduação em Pedagogia pela Faculdade Única de Ipatinga, na modalidade a distância. Essa experiência contribuiu significativamente para o aprofundamento da percepção acerca dos desafios e das potencialidades que permeiam o contexto educacional. Nesse mesmo ano, vivenciei uma situação significativa ao acompanhar um estudante surdo do Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Ensino de Matemática a Distância, promovido pela UFAC através do NIEAD. Esse estudante enfrentava grandes dificuldades em acessar os conteúdos disponibilizados em formato de vídeo na plataforma virtual que eu gerenciava, o que impulsionou meu interesse por práticas inclusivas e pela adoção de recursos de acessibilidade voltados à promoção da equidade no processo educacional. A partir desse momento, passei a colaborar ativamente com o Núcleo de Apoio à Inclusão (NAI) da UFAC e, sob orientação e incentivo da Professora Dra. Salete Maria Chalub Bandeira, intensifiquei meus estudos na área de Tecnologia Assistiva.

Ainda em 2022, tive a oportunidade de cursar, em caráter especial, a disciplina *MPECIM 022 – Práticas de Educação em Ciências e Matemática e a Inclusão*, ofertada pelo Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Ciências e Matemática (MPECIM), com a referida professora. Essa experiência impulsionou minha participação no processo seletivo do referido programa em 2023, no qual submeti um projeto de pesquisa voltado ao uso da Tecnologia Assistiva e da Audiodescrição para adaptação de ilustrações em livros didáticos de matemática para estudantes com deficiência visual no Ensino Fundamental, sendo aprovado.

Em setembro de 2024, a convite de minha orientadora do mestrado, participei de um curso sobre Modelagem 3D para Manufatura Aditiva, no contexto do projeto Internet das Coisas (IoT) para a Indústria 4.0¹. Durante esse

¹ O projeto compreende a capacitação de estudantes, profissionais e entusiastas por meio de turmas de curta duração a serem ofertado alinhados aos pilares da Indústria 4.0.
<https://www.ufac.br/site/iot>

curso, fomos desafiados a desenvolver, por meio de impressão 3D, um protótipo que oferecesse uma solução inovadora para um problema do cotidiano. Esse desafio levou nosso grupo à criação inicial de uma calculadora *braille* baseada em um ábaco aberto, projetada para possibilitar aos estudantes com deficiência visual a realização das quatro operações matemáticas básicas. Posteriormente, fui incentivado por minha orientadora a expandir essa proposta inicial, questionando-me sobre a possibilidade de utilizar esse protótipo como ponto de partida para desenvolver uma ferramenta que atendesse, de forma mais completa, as necessidades de estudantes com deficiência visual no ensino da matemática, especialmente no que diz respeito ao Sistema de Numeração Decimal. Com base nessa trajetória, idealizou-se o material manipulável *BrailleOperMat*, que atualmente constitui o cerne desta investigação.

O *BrailleOperMat* consiste em um material didático manipulável concebido com o propósito de facilitar a aprendizagem matemática de estudantes com deficiência visual, especialmente no que se refere à compreensão do Sistema de Numeração Decimal e das quatro operações fundamentais. A nomenclatura "*BrailleOperMat*" resulta da junção dos termos "*Braille*", em alusão ao sistema de leitura e escrita tátil utilizado por pessoas cegas; "*Oper*", em referência às operações matemáticas básicas; e "*Mat*", uma abreviação da palavra "matemática" sinalizando, assim, um recurso direcionado ao desenvolvimento de operações aritméticas.

O termo foi cunhado pela professora orientadora da presente pesquisa durante o curso de Modelagem 3D para Manufatura Aditiva, ocasião em que foi idealizado o primeiro protótipo do material. Desenvolvido por meio de manufatura aditiva (impressão 3D), o dispositivo é composto por módulos retangulares interconectáveis que representam ordens e classes numéricas. Cada módulo apresenta uma fenda central destinada à inserção de contas cilíndricas móveis, possibilitando a manipulação tátil dos números de forma intuitiva e coerente com a lógica do sistema decimal posicional.

O material dispõe de marcações em *braille* e em caracteres ampliados, além de uma escala numérica tátil e visual, garantindo acessibilidade tanto a estudantes cegos quanto àqueles com baixa visão. A estrutura modular e os

recursos sensoriais integrados ao *BrailleOperMat* viabilizam a realização de operações matemáticas básicas e favorecem a construção ativa do pensamento numérico, em consonância com os princípios da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), ampliando de modo significativo as possibilidades de mediação didática em contextos inclusivos.

O tema inicialmente proposto nesta dissertação, intitulado “*Aprendizagens matemáticas a estudantes com Deficiência Visual e a eliminação de barreiras na compreensão do conceito de número e do Sistema de Numeração Decimal com os usos do material manipulável BrailleOperMat e da audiodescrição didática*”, teve como foco central a aprendizagem matemática de estudantes com deficiência visual, com ênfase na compreensão do conceito de número, do Sistema de Numeração Decimal e das operações fundamentais.

Entretanto, após o exame de qualificação e considerando as contribuições da banca examinadora, o tema foi reformulado, passando a se intitular “*Interfaces entre o BrailleOperMat e a audiodescrição didática como estratégias para o ensino do Sistema de Numeração Decimal e suas operações a estudantes com deficiência visual*”. Essa reformulação visou aprimorar a delimitação temática e enfatizar as ferramentas pedagógicas investigadas no estudo.

O principal recurso de ensino investigado nesta pesquisa consiste na construção de um protótipo de material manipulável, denominado *BrailleOperMat*. Associado a esse dispositivo, considera-se a audiodescrição didática como uma estratégia com potencial para reduzir barreiras perceptivas e ampliar o acesso de estudantes com deficiência visual aos conteúdos da unidade temática “Números”.

De acordo com as orientações da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018), essa unidade temática tem como objetivos a mobilização de diferentes formas de compreender e representar quantidades, bem como a ampliação progressiva dos campos numéricos. Isso inclui aspectos como aproximação, equivalência, ordem e proporcionalidade, com ênfase nos significados e nos usos das operações fundamentais.

Assim, a presente investigação propõe-se a responder ao seguinte problema de pesquisa:

De que maneira o uso do material manipulável BrailleOperMat e da audiodescrição didática podem potencializar a compreensão do conceito de número, do Sistema de Numeração Decimal e das operações matemáticas de estudantes com deficiência visual?

A decisão de investigar práticas de ensino de matemática sob uma perspectiva inclusiva fundamenta-se não apenas em elementos de ordem pessoal e profissional, mas também na constatação de uma demanda social e acadêmica premente: como assegurar aos estudantes o pleno acesso ao conhecimento matemático, independentemente das barreiras sensoriais? No caso específico de estudantes com deficiência visual, a escassez de materiais adaptados e de estratégias pedagógicas baseadas em recursos táteis e auditivos compromete sua participação efetiva no processo de aprendizagem e limita o desenvolvimento de competências matemáticas (Bandeira, 2015; Ferreira, 2017; Arruda, 2017; Teles, 2019).

Dessa forma, esta pesquisa busca contribuir para a superação de lacunas identificadas na literatura e na prática pedagógica, por meio da apresentação de um material manipulável, denominado *BrailleOperMat*, em articulação com estratégias de audiodescrição didática. A proposta visa à eliminação de barreiras na compreensão do conceito de número e do Sistema de Numeração Decimal por parte de estudantes com deficiência visual.

Ancorada nos fundamentos teóricos da educação inclusiva, da tecnologia assistiva e nas contribuições dos estudos vigotskianos sobre mediação e interação social, a investigação tem como objetivo geral:

Investigar de que forma o uso do material manipulável BrailleOperMat, somado à audiodescrição didática, podem minimizar as barreiras e ampliar as possibilidades de aprendizagem do Sistema de Numeração Decimal e operações matemáticas a estudantes com deficiência visual.

E como objetivos específicos:

- Identificar os conceitos de deficiência visual e a importância da construção de materiais manipuláveis táteis e auditivos a aprendizagem de conceitos de matemática por meio de pesquisas mapeadas;
- Desenvolver a construção do material manipulável *BrailleOperMat* e as possibilidades de ensinar conceitos de números, Sistema de Numeração Decimal e operações matemáticas;
- Descrever as atividades com o sistema de numeração decimal com o *BrailleOperMat* e audiodescrição didática;
- Aplicar o material manipulável *BrailleOperMat* a pessoas com Deficiência Visual para fins de melhorias do material manipulável para trabalhar com a unidade temática de números.
- Construir, aplicar, avaliar e validar um Produto Educacional: Protótipo - Material manipulável *BrailleOperMat* - com uma coletânea de atividades da unidade temática de números com audiodescrição didática.

Ao propor um Produto Educacional que integra a impressão 3D alinhado a uma proposta didática inclusiva. Pretende-se auxiliar estudantes, professores e profissionais da educação no ensino e aprendizagem matemática numa perspectiva inclusiva, bem como incentivar a difusão de recursos pedagógicos adaptados para outras áreas de conhecimento. A relevância deste estudo está, portanto, ancorada em três dimensões complementares: A *social*, ao contribuir para a democratização do acesso à aprendizagem matemática de estudantes com deficiência visual; a *acadêmico-científica*, ao propor um material manipulável, que combinam manufatura aditiva e audiodescrição didática; e a *formativa*, ao instigar reflexões sobre as práticas de ensino e a importância de integrar diferentes tecnologias e abordagens pedagógicas na promoção de uma educação equitativa².

As evidências produzidas por esta investigação confirmam a viabilidade e a contribuição pedagógica do material manipulável *BrailleOperMat* como um recurso de acessibilidade, constituindo-se em referencial para a implementação

² Educação equitativa significa um redesenho do ensino para atender às necessidades de cada estudante de forma única. [...] a equidade reconhece que cada estudante tem suas particularidades, necessidades e potencialidades (Góes *et al.*, 2025a, p. 22).

de novas investigações no ensino de matemática para estudantes com deficiência visual.

A presente pesquisa, de abordagem qualitativa, foi conduzida por meio de um estudo de caso envolvendo três pessoas com deficiência visual, vinculados ao Núcleo de Apoio à Inclusão da Universidade Federal do Acre (NAI/UFAC) e ao Centro de Apoio Pedagógico para Atendimento às Pessoas com Deficiência Visual do Acre (CAP-AC). As atividades foram acompanhadas por três professores especialistas na área e consistiram em intervenções pedagógicas com o uso do *BrailleOperMat*, devidamente registradas em formato fotográfico e audiovisual, utilizando-se um telefone celular do tipo smartphone da marca Samsung, modelo Galaxy Note 9, dotado de câmera traseira de alta resolução, memória interna de 128 gigabytes e sistema operacional Android, que asseguraram a captura de imagens nítidas e o armazenamento adequado dos registros. O dispositivo contava com conexão à internet móvel 4G de alta velocidade, possibilitando a transmissão estável dos dados e a comunicação em tempo real durante as atividades. Complementarmente, foi utilizado um computador portátil (notebook) equipado com webcam integrada e acesso à internet estabelecido por meio do compartilhamento de rede (*tethering*) do referido smartphone, o que permitiu a realização e gravação das intervenções de forma síncrona, por meio da plataforma Google Meet, e o posterior arquivamento dos arquivos digitais em ambiente de nuvem (Google Drive). Após as intervenções, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com as pessoas cegas e professores especialistas (Apêndices A e B).

A dissertação está organizada em sete seções complementares e inter-relacionadas, estruturadas para favorecer a compreensão progressiva do percurso investigativo e dos resultados alcançados. A Seção 1 – Introdução apresenta o percurso pessoal, acadêmico e profissional do pesquisador, o tema, o problema, os objetivos geral e específicos, a justificativa, o contexto investigativo, o produto educacional, a metodologia adotada e a estrutura geral do trabalho. A Seção 2 – O que dizem as pesquisas reúne o mapeamento da produção acadêmica e documental que fundamenta teoricamente a investigação, destacando contribuições e lacunas em teses, dissertações e eventos científicos. A Seção 3 – Deficiência visual e aprendizagem matemática

discute conceitos de deficiência visual, pressupostos da audiodescrição (e da audiodescrição didática) e fundamentos da teoria histórico-cultural de Lev Vigotski, articulando-os à unidade temática “Números” da BNCC e ao uso da impressão 3D como estratégia de acessibilidade e mediação didática. A Seção 4 – Procedimentos metodológicos da pesquisa descreve detalhadamente a natureza do estudo, o contexto e os participantes, as questões éticas, as etapas das intervenções pedagógicas com o BrailleOperMat, o acompanhamento de especialistas e da orientadora, a validação do protótipo em diferentes contextos e os procedimentos de análise dos dados. A Seção 5 – Desenvolvimento do Protótipo BrailleOperMat apresenta o processo de concepção e evolução do material manipulável, dos esboços e versões iniciais às versões 2 e final, registrando ajustes decorrentes das primeiras aplicações e sistematizando as reflexões sobre o aprimoramento do protótipo. A Seção 6 – Resultados da pesquisa sistematiza as evidências empíricas das intervenções e validações realizadas, explicitando achados, padrões observados e implicações pedagógicas do BrailleOperMat aliado à audiodescrição didática. Por fim, a Seção 7 – Considerações finais sintetiza os principais resultados, discute limites e contribuições do estudo e aponta perspectivas e desdobramentos futuros para o aprimoramento do ensino de matemática em contextos inclusivos.

2 O QUE DIZEM AS PESQUISAS

Esta seção apresenta uma revisão bibliográfica sobre a Deficiência Visual (DV) e a aprendizagem matemática de estudantes cegos, contemplando dissertações, teses, artigos científicos e relatos de experiências. A pesquisa foi realizada no Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), no *site*³ do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática (MPECIM) da Universidade Federal do Acre (UFAC) e nos Anais dos Encontros Nacionais de Educação Matemática Inclusiva (I, II e III).

Os resultados encontrados destacam as aproximações relevantes com o tema central da nossa pesquisa, permitindo identificar contribuições e lacunas que serão analisadas no contexto do estudo. Esta revisão bibliográfica fornece a base para contextualizar o desenvolvimento do produto educacional e para compreender como as práticas matemáticas inclusivas têm sido abordadas em diferentes perspectivas e níveis de ensino.

2.1 Catálogo digital de teses e dissertações da capes

A presente pesquisa teve início com a aplicação dos descritores “audiodescrição”, “ensino de matemática” e “deficiência visual”, resultando na identificação de 24 trabalhos, sendo dois (2) relativos a teses de doutorado, quatorze (14) dissertações de mestrado profissional e oito (8) dissertações de mestrado acadêmico. Para a delimitação do *corpus* de análise, optou-se por restringir o escopo às produções de mestrado profissional, totalizando 14 pesquisas publicadas entre 2010 e 2023. A distribuição temporal dessas produções foi a seguinte: uma (1) dissertação em 2010, duas (2) em 2019, três (3) em 2021, duas (2) em 2022 e seis (6) em 2023. Dentre essas, apenas duas, Silveira (2023) e Berbetz (2019), apresentaram aderência direta aos objetivos desta investigação, por abordarem o uso de materiais didáticos táteis voltados à aprendizagem de estudantes cegos.

³ <http://www2.ufac.br/mpecim>

Em sequência, realizou-se uma nova busca com o descritor “audiodescrição”, restringindo o filtro às produções de mestrado profissional. Essa etapa resultou na identificação de apenas uma dissertação relacionada diretamente à temática desta pesquisa — o trabalho de Souza (2024). Diante do número reduzido de resultados e com o propósito de ampliar o escopo de análise, optou-se por expandir a busca para incluir também teses de doutorado e dissertações de mestrado acadêmico, mantendo o mesmo descritor. Com essa ampliação, a pesquisa retornou 218 produções no total, sendo quarenta e nove (49) teses de doutorado, noventa e nove (99) dissertações de mestrado acadêmico e setenta (70) dissertações de mestrado profissional. A distribuição temporal dessas produções foi a seguinte: duas (2) em 2009, uma (1) em 2010, oito (8) em 2011, dez (10) em 2012, três (3) em 2013, nove (9) em 2014, nove (9) em 2015, nove (9) em 2016, doze (12) em 2017, quatorze (14) em 2018, vinte e cinco (25) em 2019, dezoito (18) em 2020, quatorze (14) em 2021, vinte e oito (28) em 2022, trinta e cinco (35) em 2023 e vinte e uma (21) em 2024. Após a leitura dos resumos e a análise dos objetivos das produções, foram selecionadas três pesquisas que apresentaram maior consonância com a temática investigada: a tese de doutorado de Vergara-Nunes (2016), a dissertação de mestrado acadêmico de Martins (2024) e a dissertação de mestrado profissional de Souza (2024), as quais abordam a audiodescrição como estratégia de acessibilidade e mediação pedagógica no ensino e na aprendizagem de pessoas com deficiência visual.

Posteriormente, foram utilizados os descritores “multiplano” e “deficiência visual”, identificando-se cinco (5) dissertações de mestrado profissional, distribuídas da seguinte forma: uma (1) em 2014, duas (2) em 2015, uma (1) em 2019 e uma (1) em 2023. Dentre essas, apenas uma (Moraes, 2023) foi considerada relevante para os objetivos desta pesquisa.

Na etapa seguinte, os descritores “instrumento de inclusão” e “matemática” foram aplicados, resultando na localização de 110 trabalhos: dezesseis (16) teses de doutorado, cinquenta e nove (59) dissertações de mestrado acadêmico e trinta e cinco (35) dissertações de mestrado profissional. A distribuição por ano foi: uma (1) em 1995, uma (1) em 2002, três (3) em 2004, duas (2) em 2006, cinco (5) em 2007, quatro (4) em 2008, uma (1) em 2009,

duas (2) em 2010, cinco (5) em 2011, sete (7) em 2012, dezenove (19) em 2019, quinze (15) em 2021, vinte e quatro (24) em 2022 e vinte e uma (21) em 2023. Entre essas, foi selecionada uma dissertação de mestrado acadêmico (Ferronato, 2002), cuja pertinência ao escopo da presente dissertação justificou sua inclusão.

Por fim, empregaram-se os descritores “impressão 3D” e “deficiência visual”, os quais retornaram dezoito (18) trabalhos: cinco (5) teses de doutorado, cinco (5) dissertações de mestrado acadêmico e oito (8) dissertações de mestrado profissional. As produções estavam distribuídas da seguinte forma: uma (1) em 2018, três (3) em 2019, duas (2) em 2021, quatro (4) em 2022, seis (6) em 2023 e duas (2) em 2024. Dentre essas, uma tese (Simões, 2023) foi selecionada por sua relevância tanto para os objetivos desta investigação quanto para o desenvolvimento do produto educacional.

O Quadro 1, a seguir, apresenta a listagem das produções selecionadas, organizadas por autor, instituição, programa de pós-graduação, nível e modalidade, com respectivos anos de defesa.

Quadro 1 – Pesquisas mapeadas no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES.

Autor	IES	Programa de Pós-Graduação	Nível e Modalidade	Ano
Rubens Ferronato	UFSC	Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção	Mestrado Profissional	2002
Elton Vergara-Nunes	UFSC	Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento	Doutorado (Acadêmico)	2016
Márcia Regina Silva Berbetz	UFPR	Programa de Pós-Graduação em Educação: Teoria e Prática de Ensino	Mestrado Profissional	2019
Caroline da Silveira	UDESC	Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias	Mestrado Profissional	2023
Guilherme Soares Simões	UNICSUL	Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática	Doutorado (Acadêmico)	2023
Larisse Lorrane Monteiro Moraes	UFPA	Programa de Pós-Graduação em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas	Mestrado Profissional	2023
Clóvis Maxwell Andrade Martins	UNESP	Programa de Pós-Graduação em Educação	Mestrado Acadêmico	2024
Fernanda Marcelo Souza	UESC	Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática	Mestrado Profissional	2024

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A dissertação de Ferronato (2002), intitulada A Construção de Instrumento de Inclusão no Ensino da Matemática, foi desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). O objetivo do estudo consistiu em investigar o ensino de matemática para alunos com deficiência visual, utilizando como principal recurso

didático o material concreto Multiplano. A pesquisa fundamentou-se na ideia de garantir igualdade de oportunidades na educação, buscando maximizar o aproveitamento de atividades escolares por estudantes cegos e com baixa visão. A abordagem metodológica qualitativa possibilitou analisar o impacto do Multiplano no processo de aprendizagem de cinco estudantes cegos. A revisão teórica se baseou, sobretudo, nos postulados do construtivismo de Jean Piaget, ressaltando a relevância da manipulação concreta para o desenvolvimento do raciocínio matemático. Os resultados indicam que o Multiplano favoreceu a abstração de conceitos matemáticos, pois permitiu aos estudantes compreender cálculos e resolver problemas de maneira mais acessível. Além disso, a adoção de materiais concretos na educação matemática de alunos cegos contribuiu para a autonomia desses discentes, bem como para a melhoria na compreensão dos conteúdos.

A tese de Vergara-Nunes (2016), intitulada *Audiodescrição Didática*, foi realizada no Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). O estudo objetivou propor recomendações para a audiodescrição de materiais escolares que possibilitassem o acesso de estudantes cegos aos conteúdos didáticos de natureza visual, assegurando a participação ativa no processo de aprendizagem. A pesquisa adota uma abordagem qualitativa interpretativista, ancorada na teoria da enação e na externalização do conhecimento. O autor buscou compreender de que forma a audiodescrição pode transpor barreiras cognitivas, tornando os conteúdos visuais acessíveis para alunos cegos e viabilizando a construção compartilhada de conhecimento. Os achados indicam que a audiodescrição ultrapassa a mera tradução objetiva de imagens, assumindo um papel pedagógico crucial quando elaborada pelo professor-audiodescritor. O estudo culminou na elaboração de um conjunto de diretrizes para produção de roteiros de audiodescrição didática, priorizando clareza, adequação semântica e objetividade, de modo que o aluno cego possa assimilar o conteúdo com efetividade.

A dissertação de Berbetz (2019), intitulada *Educação Matemática Inclusiva – O Material Didático na Perspectiva do Desenho Universal para a Área Visual*, foi desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Educação: Teoria

e Prática de Ensino da Universidade Federal do Paraná (UFPR). O objetivo consistiu em analisar a aplicação de um material manipulável tátil, concebido segundo o Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA), ao ensino de álgebra para estudantes com deficiência visual no Ensino Fundamental II. A pesquisa seguiu uma abordagem qualitativa de intervenção pedagógica, na qual se recorreram a observação direta, gravação de áudio e vídeo, registros fotográficos, questionários e entrevistas semiestruturadas para coleta de dados. O estudo foi conduzido em uma escola pública de Curitiba, onde se desenvolveram as denominadas “Placas Algébricas”, um material manipulável e tátil voltado à compreensão de conceitos relacionados a polinômios em um ambiente de aprendizagem inclusivo. A análise dos dados evidenciou que o uso das Placas Algébricas ampliou a acessibilidade ao conteúdo matemático, consolidando conceitos e facilitando a representação visual, além de favorecer a construção ativa do conhecimento pelos estudantes. A pesquisa ressaltou, ainda, a relevância do envolvimento docente no processo de adaptação de materiais didáticos, bem como a necessidade de formação especializada para o atendimento de alunos com deficiência visual.

A dissertação de Moraes (2023), intitulada *Aplicação do Multiplano como Alternativa Metodológica no Ensino das Quatro Operações Fundamentais para Alunos com Deficiência Visual*, foi desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas da Universidade Federal do Pará (UFPA). O foco da investigação recaiu sobre o ensino das quatro operações matemáticas básicas (adição, subtração, multiplicação e divisão) para estudantes com deficiência visual, utilizando o Multiplano como recurso didático para potencializar a aprendizagem. A pesquisa adotou uma abordagem qualitativa, baseada em estudo de caso, empregando a técnica de resolução de problemas de Polya (1995) para análise dos dados. A coleta ocorreu entre setembro e novembro de 2022, envolvendo um estudante com baixa visão, matriculado no 5º ano do Ensino Fundamental, e seu professor, em uma escola pública do município de Moju/PA. Os resultados evidenciam que o Multiplano se apresentou como ferramenta efetiva para a compreensão das operações matemáticas, pois possibilitou uma representação concreta e tátil dos conceitos. Esse recurso promoveu maior autonomia para o estudante, reforçando a

necessidade de adaptar o material didático e, simultaneamente, desenvolver formações docentes e metodologias específicas para assegurar a inclusão no ensino regular.

A dissertação de Silveira (2023), intitulada *Ensino de Ângulos a Alunos Cegos: Uma Proposta de Acesso às Representações Semióticas*, foi desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). O estudo buscou investigar estratégias para o ensino de ângulos a estudantes cegos, enfatizando a exploração tátil e a descrição textual de representações geométricas, à luz da Teoria dos Registros de Representação Semiótica (TRRS) de Raymond Duval e das contribuições de Lev Vigotski acerca do desenvolvimento cognitivo de crianças cegas. A abordagem metodológica é qualitativa-exploratória, orientada por um estudo de caso que envolveu dois alunos cegos dos anos finais do Ensino Fundamental em escolas públicas de Joinville, Santa Catarina. O principal objetivo consistiu em promover acessibilidade ao conteúdo de ângulos, por meio de recursos manipuláveis táteis. Os resultados demonstraram que o acesso a diferentes registros de representação semiótica foi imprescindível para a compreensão dos conceitos geométricos, permitindo aos estudantes cegos realizar tanto tratamentos quanto conversões entre registros discursivos e figurais. Destaca-se o uso de materiais concretos, como transferidores adaptados e representações geométricas em placas de madeira, o que viabilizou maior acessibilidade. Como produto educacional, produziu-se um kit pedagógico contendo um livro paradidático e materiais manipuláveis, destinado a professores de matemática, possibilitando a adoção da metodologia em sala de aula.

A tese de Simões (2023), intitulada *Possibilidades do Uso de Impressão 3D no Desenvolvimento de Recursos Didáticos no Ensino de Ciências para Alunos com Deficiência Visual: Um Mapeamento em Teses e Dissertações (2013 a 2022)*, foi desenvolvida no Programa de Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Cruzeiro do Sul (São Paulo). Teve como propósito investigar e sistematizar as pesquisas brasileiras que recorrem à impressão 3D para a criação de recursos didáticos no ensino de ciências voltado a estudantes com deficiência visual. O estudo está inserido na linha de pesquisa “Construção

do Conhecimento no Ensino e Aprendizagem de Ciências, Matemática e suas Tecnologias” e segue uma abordagem qualitativa do tipo “Estado da Arte”, baseada no levantamento de dissertações e teses disponíveis no repositório da CAPES. Foram mapeados 9 trabalhos acadêmicos (8 dissertações e 1 tese), defendidos entre 2013 e 2022, que versaram sobre o emprego da impressão 3D na elaboração de materiais didáticos para estudantes cegos. Os achados indicam que a impressão 3D constitui uma alternativa viável na concepção de recursos acessíveis, contribuindo tanto para a aprendizagem de conceitos científicos quanto para a inclusão social. Entretanto, o mapeamento apontou para a carência de pesquisas que explorem essa tecnologia de maneira aprofundada no ensino de ciências, reforçando a necessidade de novas investigações. A discussão foi embasada em autores como Vigotski, considerando as contribuições da Defectologia e da Teoria Histórico-Cultural para a inclusão e o uso de tecnologia assistiva.

A dissertação de Martins (2024), intitulada *A Audiodescrição como Acessibilidade em Aulas de Matemática a Pessoas com Deficiência Visual*, foi desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Filosofia e Ciências, Campus de Marília. O objetivo principal consistiu em analisar os limites e possibilidades da audiodescrição como recurso didático no ensino de conceitos matemáticos para estudantes com deficiência visual. A pesquisa, de abordagem qualitativa, situa-se na linha de pesquisa “Teoria e Práticas Pedagógicas”. Martins (2024) apoiou sua fundamentação na teoria da aprendizagem desenvolvimental e explorou a audiodescrição como processo de tradução intersemiótica voltado ao ensino da matemática. As reflexões ancoraram-se em autores como Vigotski (1898-1934), Vergara-Nunes (2016), Motta (2010; 2016) e Lima (2009; 2011; 2017), a fim de discutir questões relacionadas à acessibilidade no contexto da educação matemática. Os resultados apontam que a audiodescrição e a audiodescrição didática são elementos cruciais para a acessibilidade de estudantes cegos, permitindo que noções abstratas em matemática sejam apreendidas por meio da verbalização de imagens e representações gráficas. O estudo ressalta a importância de uma formação docente contínua para a implementação efetiva dessa abordagem, evidenciando como a acessibilidade comunicacional pode

contribuir para o desenvolvimento do pensamento matemático em estudantes com deficiência visual.

A dissertação de Souza (2024), intitulada *A Audiodescrição como Recurso no Ensino de Matemática para o Estudante Cego*, foi desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), na Bahia. O objetivo do estudo concentrou-se em avaliar a audiodescrição didática como recurso pedagógico para o ensino de matemática dirigido a estudantes cegos, no âmbito de uma educação inclusiva. A abordagem empregada é qualitativa, com caráter colaborativo, incluindo mediação de audiodescrição didática em aulas de matemática em escolas regulares da rede pública nos municípios de Ilhéus e Itabuna, na Bahia. Participaram da investigação dois professores de matemática e dois estudantes cegos. A coleta de dados abrangeu observação participante, registro de aulas em áudio e vídeo, além de entrevistas semiestruturadas. Para análise, adotaram-se a Análise Textual Discursiva das entrevistas e a Análise Descritiva Interpretativa para as filmagens e o diário de campo. Os resultados indicam que a audiodescrição didática funciona como uma estratégia pedagógica relevante para favorecer a compreensão e a interpretação de conteúdos matemáticos por estudantes cegos. No entanto, a autora destaca a necessidade de complementação com outros recursos acessíveis, como materiais táteis e tecnologia assistiva, dada a complexidade inerente a diversos conceitos matemáticos.

As discussões desenvolvidas por Ferronato (2002) e Moraes (2023) ressaltam o potencial de recursos concretos, a exemplo do Multiplano, para favorecer a compreensão de conceitos matemáticos por estudantes com deficiência visual. Paralelamente, Berbetz (2019) enfatiza a importância de materiais manipuláveis concebidos sob os princípios do Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA), reforçando a necessidade de acessibilidade e de estratégias inclusivas no ensino de álgebra. Já Silveira (2023) explora o ensino de ângulos com base na Teoria dos Registros de Representação Semiótica de Duval, destacando o uso de suportes táteis e a descrição textual como ferramentas essenciais para o desenvolvimento cognitivo de alunos cegos. Em outro âmbito, Simões (2023) evidencia a viabilidade da impressão 3D na

elaboração de materiais didáticos acessíveis, apontando sua contribuição para a aprendizagem de conceitos científicos e para a inclusão social de estudantes com deficiência visual. Por sua vez, Martins (2024), Vergara-Nunes (2016) e Souza (2024) convergem ao defender a audiodescrição como recurso didático indispensável, salientando que, ao verbalizar imagens e representações gráficas, esse recurso rompe barreiras comunicacionais e possibilita a construção efetiva de conhecimento matemático.

Ao reunir esses achados, a pesquisa que culmina na concepção de um recurso didático tátil, viabilizado pela tecnologia de impressão 3D, busca integrar os benefícios dos recursos táteis, das estratégias de audiodescrição e dos princípios de acessibilidade, contribuindo para a construção de práticas pedagógicas mais inclusivas na Educação em Ciências e Matemática. Desse modo, as pesquisas analisadas oferecem suporte teórico, metodológico que fundamentam as escolhas desta pesquisa, ao evidenciar soluções viáveis e efetivas para a promoção de acessibilidade no ensino de conteúdos matemáticos a estudantes com deficiência visual, servindo como referência direta para o desenvolvimento e a validação do produto educacional proposto.

2.2 Mestrado profissional em ensino de ciências e matemática

Uma busca detalhada foi conduzida nas pesquisas desenvolvidas no Programa de Pós- Graduação Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática (PPGMPECIM) da Universidade Federal do Acre (UFAC), na aba dissertações e produto educacional. Dentre as 205 dissertações disponíveis no *site*⁴ do programa, foram identificadas e selecionadas onze (11) pesquisas que apresentam aproximações com o foco desta investigação, considerando o período de 2015 a 2024.

Devido à ausência de um sistema de filtragem automatizado no banco de dados, foi necessário realizar uma análise individual de cada dissertação, o que

⁴ <http://www2.ufac.br/mpecim>

garantiu maior precisão na identificação das produções mais alinhadas ao tema de estudo. Os resultados dessa busca estão sistematizados no Quadro 2.

Quadro 2 – Pesquisas mapeadas no Mestrado Profissional no Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal do Acre.

Autor/Ano Publicação	Título Dissertação	Produto Educacional
Arruda (2017)	A formação de professores de ciências na perspectiva da educação inclusiva na Universidade Federal do Acre	Elaboração da Página da <i>Web</i> para a formação de professores de Ciências na perspectiva da educação inclusiva
Marinho (2017)	Metodologias no ensino de física para deficientes visuais utilizando a cartografia tátil	Metodologias no Ensino de Física para Deficientes Visuais Utilizando a Cartografia Tátil
Sousa (2017)	O uso de tecnologias assistivas táteis e audiodescritivas no ensino de química para alunos com deficiência visual	Manual para Confecção de Adaptações Táteis e em Áudio com o uso do Software MecDaisy nas aulas de Química
Arruda (2019)	Formação docente por meio da tecnologia assistiva em um ambiente virtual de aprendizagem para ensinar conceitos matemáticos para alunos com deficiência visual	Curso de Tecnologia Assistiva, Educacional e Móvel e a Formação Docente para o Ensino de Matemática voltados a Deficientes Visuais/Intelectuais - Plataforma Moodle
Ferreira (2019)	Materiais didáticos adaptados e o foco da atenção potencializando o aprendizado de estudantes cegos em matemática	Relações Trigonométricas Adaptadas para Deficientes Visuais (RTA, RTA1, FGPA)
Nunes (2020)	Jogo didático de calorimetria com audiodescrição e Braille para inclusão	Jogo Didático de Calorimetria com Audiodescrição e Braille para Inclusão
Teles (2020)	Estratégias de ensino com tampas de garrafa PET para a aprendizagem de MMC e frações a uma estudante cega do 6º ano	Aprendendo MMC e Frações utilizando tampas de garrafa Pet para favorecer e possibilitar a aprendizagem de estudantes cegos do 6º ano
Santos (2021)	Os materiais adaptados como facilitadores no processo de ensino e aprendizagem da disciplina de Química para alunos com deficiência visual	Manual de Adaptações da Disciplina de Química para alunos com deficiência visual
Vilela (2023)	As adaptações em matemática com o uso do sistema Braille: possibilidades de	Curso Código Matemático em Braille e Suas

	uma formação continuada e inicial de professores	Adaptações: caminhos para uma formação de professores numa perspectiva inclusiva
Santos (2024)	Audiodescrição, Braile e recurso tátil na formação inicial de professores de Ciências na perspectiva da inclusão de alunos com deficiência visual	Oficina de Audiodescrição, Braile e Recursos Táteis com a temática da estrutura celular animal para a formação inicial de professores de Ciências
Silva (2024)	O <i>podcast</i> para ensino das operações matemáticas e medidas de tendência central com o <i>soroban</i> : percepções na formação inicial de professores.	Podmat e o Ensino das Operações Matemáticas e Medidas de Tendência Central a estudantes cegos com o uso do Soroban

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Arruda (2017) realizou uma investigação a respeito da formação inicial de professores dos cursos de Ciências da Natureza (Biologia, Física e Química) da Universidade Federal do Acre (UFAC), com o objetivo de verificar se essa formação contempla a educação inclusiva voltada a pessoas com deficiência. A pesquisa, de abordagem qualitativa e caracterizada como estudo de caso, envolveu levantamento bibliográfico, análise dos Projetos Pedagógicos dos Cursos (PPCs), aplicação de questionários a docentes e discentes e realização de entrevistas semiestruturadas. As entrevistas foram examinadas por meio da Análise Textual Discursiva, enquanto os PPCs foram submetidos à Análise de Conteúdo. Os resultados indicaram que, não obstante o reconhecimento da importância da inclusão por parte dos participantes, ainda não se observa, nos cursos investigados, uma formação suficientemente sólida para o desenvolvimento de metodologias inclusivas. Entre as lacunas destacadas, ressalta-se a ausência de disciplinas específicas sobre inclusão nos PPCs e a necessidade de ofertar formação continuada para docentes. Como produto educacional, foi criada uma página na *web* destinada à divulgação de informações e recursos sobre inclusão educacional para professores de Ciências, de forma a contribuir para a formação inicial e continuada desses profissionais.

Marinho (2017) desenvolveu metodologias inclusivas para o ensino de Física, direcionadas a estudantes com deficiência visual, utilizando a cartografia tátil como recurso didático. A pesquisa, de natureza qualitativa aplicada,

contemplou a realização de uma oficina com discentes de Licenciatura em Física do Instituto Federal do Acre (IFAC). Para avaliar a percepção dos participantes acerca do uso de materiais táteis no ensino de conceitos físicos, foram adotadas entrevistas semiestruturadas e questionários. Os resultados evidenciaram que a cartografia tátil constituiu uma estratégia efetiva na abordagem de conteúdos como campo elétrico, corrente elétrica e sistemas solares, contribuindo para a compreensão desses conceitos por estudantes cegos. Ademais, a confecção e a utilização de materiais adaptados favoreceram a autonomia dos estudantes e a consolidação da aprendizagem. O produto educacional resultante foi uma apostila com instruções para a elaboração de maquetes e materiais didáticos em alto relevo, voltada aos professores que pretendem implementar tal metodologia em sua prática docente.

Sousa (2017) examinou a contribuição de adaptações táteis associadas ao software *MecDaisy* no ensino de Química para alunos com deficiência visual. A pesquisa, de caráter qualitativo e natureza aplicada, conjugou elementos de pesquisas *ex-post-facto* e pesquisa-ação. As atividades desenvolvidas incluíram a instalação do software em Salas de Recursos Multifuncionais (SRM), a promoção de oficinas de capacitação para professores de Química e de SRMs, bem como a aplicação de materiais adaptados em turmas do ensino básico. Os achados evidenciaram que a utilização de tecnologia assistiva em conjunto com recursos táteis promoveu o aprendizado dos discentes e favoreceu a inclusão escolar. A pesquisa resultou na elaboração de um manual com orientações para a confecção de adaptações táteis e audiodescritivas, com vistas a auxiliar professores na condução de conteúdos como isomeria e estados físicos da matéria no Ensino Fundamental e Médio.

Ferreira (2019) investigou de que forma materiais didáticos adaptados, mediados pelo professor de matemática, podem potencializar a aprendizagem de estudantes cegos por meio de estímulos à atenção e ao processamento cognitivo. O estudo, de abordagem qualitativa e do tipo estudo de caso, foi realizado com uma estudante cega do Ensino Médio no IFAC, com o apoio de professores do Centro de Apoio Pedagógico para Atendimento às Pessoas com Deficiência Visual do Acre (CAP/AC). Foram desenvolvidos três materiais didáticos adaptados, intitulados “Relações Trigonométricas Adaptadas (RTA e

RTA1)” e “Figuras Geométricas Planas Adaptadas (FGPA)”, confeccionados em EVA e escritos em *braille*. Os resultados indicaram que o emprego desses materiais possibilitou à estudante uma compreensão mais clara dos conceitos matemáticos, reforçando o tato e a audição como sentidos fundamentais no processo de aprendizagem. Como produto educacional, foram disponibilizados, além dos materiais didáticos, um conjunto de videoaulas com tutoriais para orientar professores na construção e na aplicação desses recursos.

Arruda (2019) analisou de que maneira a formação docente pode ser fortalecida pelo uso da tecnologia assistiva em ambiente virtual de aprendizagem, com ênfase no ensino de conceitos matemáticos para estudantes com deficiência visual. A pesquisa, de abordagem qualitativa do tipo pesquisa-ação, envolveu quatro professores em processo de formação inicial e continuada. A coleta de dados fundamentou-se em depoimentos e nas práticas realizadas no curso de extensão “Tecnologia Assistiva em Ambiente Virtual de Aprendizagem”, oferecido por meio da plataforma Moodle. Os resultados evidenciaram que o uso de tecnologia assistiva e materiais didáticos adaptados se mostrou eficaz para o ensino de conteúdos como frações, equações de 1º e 2º grau e gráficos estatísticos. Ademais, o ambiente virtual de aprendizagem oportunizou aos professores o desenvolvimento de práticas pedagógicas mais inclusivas, ajustadas às necessidades dos estudantes com deficiência visual. Como produto educacional, originou-se um curso de formação docente, ofertado na modalidade a distância, visando capacitar professores na aplicação de metodologias inclusivas no ensino de matemática.

Nunes (2020) elaborou e avaliou a aplicabilidade de um jogo didático sobre calorimetria, adaptado com recursos de audiodescrição e *braille*, com vistas à inclusão de estudantes com deficiência visual. A investigação, de caráter qualitativo, contemplou três etapas de intervenção com um estudante com baixa visão matriculado no Ensino Médio de uma escola pública em Rio Branco (AC), além de envolver um grupo de alunos sem deficiência para examinar a interação e a eficácia do material em um contexto inclusivo. A pesquisa focalizou a acessibilidade em conteúdos como estados físicos da água, calor sensível e calor latente, a fim de verificar em que medida o uso do jogo favoreceu a compreensão e o envolvimento dos estudantes. A coleta de dados incluiu

entrevistas, observações e rodas de conversa. Constatou-se que o jogo adaptado propiciou maior participação ativa do discente com deficiência visual, bem como incentivou a interação entre os demais colegas. Como produto educacional, foi produzido um guia prático para alunos e professores, reunindo instruções de montagem e uso do jogo, além de sugestões pedagógicas de aplicação em sala de aula.

Teles (2020) desenvolveu e avaliou estratégias de ensino de matemática para uma estudante cega do 6º ano do Ensino Fundamental, empregando tampas de garrafa PET como material manipulativo. O estudo, caracterizado como pesquisa qualitativa do tipo estudo de caso, foi realizado em uma escola estadual de Rio Branco (AC) com a participação de uma aluna que apresentou cegueira adquirida. Para a coleta de dados, utilizaram-se observações, diário de bordo, questionários semiestruturados, depoimentos gravados e filmagens das intervenções pedagógicas. Os resultados apontaram que o uso das tampas de garrafa PET contribuiu para a compreensão de conceitos como mínimo múltiplo comum (MMC), máximo divisor comum (MDC), frações e operações com frações, destacando o tato como o principal sentido explorado pela estudante para a internalização de tais conteúdos. A mediação do professor mostrou-se fundamental para a eficácia da estratégia. O produto educacional gerado recebeu o título “Aprendendo MMC e Frações com Tampas de Garrafa PET”, composto por sequências didáticas e vídeos explicativos disponíveis em canal no YouTube, voltado à implementação por professores que atuam com estudantes cegos.

Santos (2021) buscou compreender como materiais didáticos adaptados podem influenciar o processo de ensino-aprendizagem na disciplina de Química, para alunos com deficiência visual. A investigação, de cunho qualitativo, estruturou-se em duas etapas: a primeira envolveu revisão de literatura acerca do ensino de Química para estudantes cegos, da educação especial e da adaptação de materiais pedagógicos; a segunda, por sua vez, consistiu em pesquisa de campo em escolas estaduais de Ensino Médio em Rio Branco (AC), abrangendo observações de práticas pedagógicas e a aplicação de questionários semiestruturados a professores e a uma aluna cega. Os dados indicaram que a carência de materiais adaptados e de formação docente

específica constitui um entrave para a aprendizagem e a inclusão desses discentes. Evidenciou-se, porém, que o uso de recursos táteis e audiodescritivos pode contribuir significativamente para a compreensão de conceitos químicos. O produto educacional decorrente da pesquisa foi um manual de adaptações para a disciplina de Química, contendo orientações práticas para professores que atuam com estudantes cegos, além de sugestões de atividades e adaptações de elementos gráficos e experimentais.

Vilela (2023) analisou uma proposta de formação de professores voltada ao ensino de matemática para estudantes cegos, enfatizando o uso do Código Matemático Unificado (CMU) e do Sistema Braille. A pesquisa inseriu-se na perspectiva da formação continuada e inicial de docentes, objetivando investigar em que medida o conhecimento acerca da deficiência visual e das tecnologia assistiva pode subsidiar práticas pedagógicas mais inclusivas. Vinculada à linha de pesquisa Recursos e Tecnologias no Ensino de Ciências e Matemática, a investigação adotou uma abordagem qualitativa do tipo pesquisa-ação, envolvendo professores do Ensino Fundamental e Médio, mediadores educacionais e licenciandos em Matemática da Universidade Federal do Acre (UFAC). O curso de formação foi estruturado em seis encontros presenciais, com carga horária de 40 horas, realizados em dois contextos distintos: o Centro de Apoio Pedagógico a Pessoas com Deficiência Visual do Estado do Acre (CAP-AC) e a sala de aula da Licenciatura em Matemática da Ufac. Os resultados demonstraram que a formação docente para o ensino de matemática a estudantes cegos demanda continuidade, desenvolvimento de materiais adaptados, estratégias pedagógicas específicas e o uso de tecnologia assistiva. Ademais, destacou-se a importância de maior articulação entre professores regulares e especialistas em Educação Especial, com vistas a garantir um ensino equitativo. O produto educacional gerado foi o curso “Código Matemático em Braille e suas Adaptações: Caminhos para uma Formação de Professores numa Perspectiva Inclusiva”, oferecendo subsídios teóricos e práticos aos docentes que atuam com estudantes cegos.

Silva (2024) analisou as possibilidades e limitações do uso de *podcasts* educativos na construção de conhecimentos matemáticos, com ênfase nas operações matemáticas e em medidas de tendência central, fazendo uso do

soroban como recurso de ensino para alunos cegos. Vinculada à linha de pesquisa Recursos e Tecnologias em Ensino de Ciências e Matemática, do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática (MPECIM) da UFAC, a investigação apoiou-se nos princípios da Engenharia Didática, estruturando-se em quatro fases: análises preliminares, concepção e análise a priori, experimentação e análise a posteriori. Participaram do estudo estudantes cegos e professores em formação inicial, notadamente dezessete licenciandos em matemática matriculados nas disciplinas Tecnologias da Informação e Comunicação no Ensino de Matemática (TICEM) e Tecnologia Assistiva e Práticas Inclusivas. Os achados evidenciaram que a combinação do podcast com materiais táteis, como o soroban, propicia um ensino de matemática mais inclusivo. Entretanto, concluiu-se que a dependência exclusiva dos podcasts pode apresentar desafios, principalmente se os professores em formação não estruturarem explicações suficientemente claras e objetivas. O produto educacional desenvolvido foi um e-book intitulado “Podmat e o Ensino das Operações Matemáticas e Medidas de Tendência Central a Estudantes Cegos com o Uso do Soroban”, que inclui um roteiro para elaboração de podcasts educativos, orientações para publicação no Spotify e links para os episódios produzidos ao longo da pesquisa.

Santos (2024) investigou de que forma a audiodescrição, o *braille* e os recursos táteis podem contribuir para a formação inicial de professores de Ciências, habilitando-os a atuar com alunos com deficiência visual na perspectiva da inclusão. Conduzida no âmbito do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática (MPECIM) da UFAC, na linha de pesquisa Recursos e Tecnologias no Ensino de Ciências e Matemática, a pesquisa adotou uma abordagem qualitativa do tipo aplicada. Para tanto, realizou-se uma oficina de formação com licenciandos em Ciências Biológicas do Instituto Federal do Acre (IFAC), abordando técnicas de audiodescrição, leitura e escrita em *braille*, bem como o uso de recursos táteis para o ensino de conceitos acerca da estrutura celular animal. A experiência viabilizou aos futuros docentes vivências práticas e reflexões referentes à inclusão educacional. Os resultados indicaram que os participantes desenvolveram maior compreensão dos desafios enfrentados por alunos com deficiência visual e aprimoraram suas competências

na adaptação de conteúdos científicos. Além disso, a pesquisa sublinhou a relevância de inserir disciplinas sobre educação inclusiva e tecnologia assistiva na formação inicial de professores, ampliando suas competências pedagógicas. O produto educacional gerado consistiu em um manual prático, oferecendo diretrizes para o uso de audiodescrição, *braille* e recursos táteis no ensino de Ciências, além de sugestões de atividades para a adaptação de materiais didáticos.

As pesquisas apresentadas evidenciam, de modo convergente, a importância de recursos táteis, estratégias audiodescritivas e tecnologia assistiva no processo de ensino e aprendizagem de estudantes com deficiência visual. Estudos como os de (Arruda, 2017), (Marinho, 2017) e (Sousa, 2017) ressaltam as lacunas na formação inicial e continuada de docentes, bem como a necessidade de disciplinas específicas sobre inclusão e adaptações curriculares nos cursos de licenciatura e pós-graduação. Já as investigações de (Ferreira, 2019), (Teles, 2020) e (Nunes, 2020) demonstram o potencial de materiais manipulativos na promoção de maior compreensão conceitual, associando-os a práticas pedagógicas que envolvem a mediação ativa do professor. Em paralelo, trabalhos como os de (Arruda, 2019), (Vilela, 2023) e (Silva, 2024) ressaltam a relevância do uso do *braille*, de dispositivos tecnológicos e de mídias digitais (a exemplo de *podcasts*), indicando que tais ferramentas, quando articuladas a uma proposta formativa consistente, tornam-se essenciais para o atendimento das necessidades educacionais específicas de estudantes cegos.

2.3 Encontro Nacional de Educação Matemática Inclusiva

O Encontro Nacional de Educação Matemática Inclusiva (ENEMI) consolidou-se, ao longo de suas edições, como um espaço de reflexão e avanço das pesquisas no campo da Educação Matemática Inclusiva. Organizado pelo Grupo de Trabalho “Diferença, Inclusão e Educação Matemática” (GT13) da Sociedade Brasileira de Educação Matemática (SBEM), o evento reúne pesquisadores, professores e estudantes comprometidos com a construção de práticas pedagógicas equitativas e acessíveis no ensino da matemática. A

análise dos relatórios das três edições do ENEMI (2019, 2020 e 2023) revela um gradativo amadurecimento das discussões sobre inclusão na Educação Matemática, contemplando tanto as necessidades educacionais especiais quanto a interseccionalidade com outros marcadores sociais.

A primeira edição, realizada presencialmente no Rio de Janeiro, focou na estruturação do debate acerca da inclusão na matemática e na necessidade de estabelecer um espaço nacional para o compartilhamento de pesquisas e experiências. Em seguida, a segunda edição, organizada virtualmente em decorrência da pandemia de Covid-19⁵, ampliou o alcance do evento, incentivando a participação de professores da educação básica e de pesquisadores de diferentes regiões do país. Por fim, o terceiro ENEMI, sediado em Vitória-ES, reafirmou o compromisso com uma Educação Matemática voltada à justiça social, abrangendo discussões que superam a temática da deficiência e incluem questões de raça, gênero e diversidade.

É nesse contexto de debates e produções científicas que se insere a presente investigação, a qual tem por objetivo analisar os trabalhos selecionados das edições do ENEMI, identificando tendências, lacunas e contribuições pertinentes ao avanço da Educação Matemática Inclusiva. Nesse sentido, com o propósito de aprofundar a análise crítica da produção científica apresentada nas três edições do ENEMI (I = 76, II = 110 e III = 150) foram selecionados sete trabalhos que, pela relevância e abrangência de seus temas, oferecem subsídios significativos para compreender as tendências atuais para o ensino e a aprendizagem da matemática a estudantes cegos, e os desafios emergentes na formação de professores. No Quadro 3, as pesquisas mapeadas que conversam com o objeto de investigação, tais como, materiais táteis, soroban e o código *braille*.

⁵ COVID-19 é uma doença infecciosa causada pelo coronavírus SARS-CoV-2, identificada pela primeira vez em dezembro de 2019 na cidade de Wuhan, China. Com alta taxa de transmissão e sintomas respiratórios de intensidade variável, foi declarada como pandemia pela Organização Mundial da Saúde em março de 2020 (Brasil, 2020b; Organização Mundial da Saúde, 2020).

Quadro 3 – Pesquisas mapeadas no Encontro Nacional de Educação Matemática Inclusiva – ENEMI (I, II e III)

Títulos - I ENEMI - 2019	Autores	UF
1. Recursos didáticos manipulativos potenciais para Educação Matemática Inclusiva de pessoas com deficiência visual.	Ana Maria Martensen Roland Kaleff	RJ
2. O ensino do soroban em uma perspectiva inclusiva: os alunos com deficiência visual são os protagonistas.	Wagner Rohr Garcez, Regina Lucia Silveira Martins, Regina Kátia Cerqueira Ribeiro	RJ
3. A experiência de utilizar o soroban e o material dourado no ensino de matemática a um estudante cego.	Adrielly Antonia Santos Gomes, Franciana Teixeira Franco Ribeiro, Rosana Maria Mendes	MG
Títulos - II ENEMI - 2020	Autores	
4. Multiplicação na ponta dos dedos: gelosia para alunos com deficiência visual.	Deise Fabiane Gil da Silva, Hellen Castro Almeida Leite, Cátia Aparecida Palmeira	ES
Títulos - III ENEMI - 2023	Autores	
5. Considerações de brailistas sobre um material manipulável para o ensino de média aritmética para estudantes cegos.	Stephany Maria Pereira da Silva, Liliâne Maria Teixeira Lima de Carvalho	PE
6. As Adaptações em Matemática com o uso do Sistema Braille: Possibilidades na formação inicial em Matemática	Girlane Brana Vilela, Salete Maria Chalub Bandeira	AC
7. Inclusão de um estudante cego no Ensino de Matemática: o uso de materiais táteis e tecnologias assistivas no desenvolvimento dos Campos Conceituais.	Luiza Ojeda Hoffmann, Marlise Geller, Claudia Lisete Oliveira Groenwald	RS

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Kaleff (2019) discute o uso de recursos didáticos manipulativos como ferramentas para promover a Educação Matemática Inclusiva de pessoas com deficiência visual. O artigo descreve as iniciativas do Laboratório de Ensino de Geometria (LEG) da Universidade Federal Fluminense (UFF), dedicado à criação e à adaptação de materiais concretos e virtuais para o ensino de conceitos matemáticos, especialmente geométricos. A pesquisa fundamenta-se no Modelo de van Hiele, que descreve níveis de desenvolvimento do pensamento geométrico, e na teoria das representações semióticas de Duval, que salienta a importância de múltiplos registros de representação na

aprendizagem matemática. Nesse contexto, são apresentados jogos geométricos, geoplanos, materiais em relevo e modelos tridimensionais, todos adaptados para alunos cegos ou com baixa visão. A autora destaca que a inclusão de alunos com deficiência visual no ensino de matemática exige a adoção de metodologias que propiciem aprendizagem ativa, enfatizando o tato como um canal essencial para a construção do conhecimento geométrico.

Garcez; Martins; Ribeiro (2019) relatam uma experiência na qual alunos cegos do Instituto Benjamin Constant (IBC) atuaram como protagonistas no ensino do soroban para estudantes do terceiro ano do Ensino Fundamental do Colégio Pedro II. O objetivo foi discutir práticas pedagógicas inclusivas em matemática, enfatizando a interação entre estudantes com e sem deficiência visual.

Na abordagem adotada, os alunos cegos ensinaram aos demais colegas como registrar números naturais no soroban, fortalecendo conceitos fundamentais do Sistema de Numeração Decimal. Observou-se que essa prática promoveu benefícios recíprocos: os discentes com deficiência visual sentiram-se valorizados, enquanto os estudantes normovisuais⁶ tiveram contato com uma metodologia diferenciada. Ademais, o artigo destaca o reconhecimento do soroban pelo Ministério da Educação como instrumento pedagógico inclusivo, aplicável tanto a alunos com deficiência visual quanto a estudantes

⁶ O termo *normovisual* é utilizado para designar indivíduos cuja acuidade visual se encontra dentro dos parâmetros clínicos considerados normais. Em contextos de educação inclusiva, essa terminologia evita expressões excludentes como “vidente” ou “pessoa normal”, diferenciando de forma não pejorativa aqueles que não possuem deficiência visual. Seu uso nesta pesquisa justifica-se por garantir precisão conceitual e respeito às identidades diversas, promovendo uma linguagem inclusiva que reconhece os sujeitos não apenas por suas limitações, mas por sua participação em uma ecologia plural de experiências perceptivas. Essa escolha é corroborada por Dias (2005), ao afirmar que “se a criança deficiente visual beneficiar de uma educação em conjunto com crianças normo-visuais, estarão lançadas as raízes da construção de um conceito positivo de si própria”, revelando o uso do termo como um recurso pedagógico e inclusivo. Do mesmo modo, Santos (2015, p. 19) esclarece que “o termo ‘normovisual’ foi apropriado da literatura científica portuguesa. No Brasil, a literatura acadêmica incorpora expressões como: ‘pessoas que enxergam’, ‘pessoas com visão normal’, e, sobretudo nas instituições de educação especial, emprega-se o termo ‘vidente’ para classificar aqueles que não possuem restrições visuais.”

normovisuais, visando ao fortalecimento da compreensão dos números e das operações matemáticas.

Gomes; Ribeiro; Mendes (2019) apresentam uma experiência pedagógica realizada no âmbito do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (Pibid) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em um Centro de Atendimento Educacional Especializado (CAEE). O foco foi o uso de materiais acessíveis, como soroban e material dourado, para ensinar conceitos matemáticos a um estudante cego congênito de 16 anos, matriculado no 9º ano do Ensino Fundamental. Os autores ressaltam a importância de adaptações metodológicas que priorizem o tato e a oralidade. Nesse sentido, o soroban foi utilizado para reforçar operações básicas, enquanto o material dourado auxiliou na compreensão do Sistema de Numeração Decimal e da troca entre ordens numéricas. A mediação docente, associada a recursos manipulativos, mostrou-se fundamental para promover autonomia e aprendizagem significativa. A pesquisa também evidenciou o impacto positivo dessa experiência na formação inicial dos bolsistas do Pibid, ao gerar reflexões sobre estratégias inclusivas e adaptações necessárias para o ensino de estudantes cegos.

Silva; Leite; Palmeira (2020) descrevem um estudo acerca da adaptação do método da gelosia para a multiplicação de números naturais, aplicado a alunos com deficiência visual. O trabalho integra o projeto “Educação Matemática na Ponta dos Dedos: Recursos Didáticos para Aprendizes com Deficiência Visual”, vinculado à Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes), e surgiu em virtude das dificuldades enfrentadas por uma aluna cega no curso de Licenciatura em Pedagogia. A pesquisa propõe um quadro magnético composto por tiras imantadas que formam a grade da gelosia, no qual os números são dispostos em *braille*. Tal recurso visa oferecer autonomia no cálculo, permitindo melhor compreensão da multiplicação e o acompanhamento da lógica do algoritmo. Os resultados mostram que a aluna passou a dominar o método de forma mais confiante, demonstrando a relevância de materiais manipulativos adaptados para a inclusão efetiva de pessoas com deficiência visual no ensino de matemática.

Silva; Carvalho (2023) investigam as opiniões de duas brailistas sobre um material manipulável desenvolvido para o ensino de média aritmética a estudantes cegos. A pesquisa qualitativa, baseada em entrevistas semiestruturadas, busca compreender os desafios e potencialidades do uso de materiais táteis. Os resultados indicam que fatores como textura, dimensão das representações e disposição das informações numéricas são determinantes na acessibilidade do material. As profissionais consultadas salientam a importância de submeter o recurso à avaliação direta de estudantes cegos, além de apontarem a audiodescrição como elemento complementar na aprendizagem. As autoras também destacam a complexidade da adaptação tátil em conteúdos de Estatística, sugerindo o uso de múltiplas texturas e objetos de fácil manipulação para auxiliar na organização de dados.

Vilela; Bandeira (2023) examinam a formação inicial de professores de Matemática para a educação inclusiva, com ênfase na utilização do Sistema *braille*. O estudo, vinculado ao Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal do Acre (UFAC), envolve um curso de formação continuada para licenciandos em Matemática, contemplando módulos sobre Leitura e Escrita do Código Matemático Unificado (CMU). As atividades propostas exigiram a transcrição e adaptação de conteúdos matemáticos para o *braille*, apoiando-se em tecnologia assistiva, como o software Braille Fácil. Os resultados mostram que, embora os participantes inicialmente apresentassem dificuldades, progrediram na compreensão e na prática de adaptação de materiais, sobretudo ao lidarem diretamente com estudantes cegos. O estudo reforça a necessidade de incluir disciplinas específicas de Educação Especial na formação de futuros docentes, a fim de capacitá-los de forma mais ampla para atender estudantes com deficiência visual.

Hoffmann; Geller; Groewald (2023) apresentam uma investigação sobre o uso de materiais táteis e tecnologia assistiva, particularmente o soroban e a calculadora sonora no ensino de matemática a um estudante cego congênito do 5º ano do Ensino Fundamental. O estudo utiliza a Teoria dos Campos Conceituais (TCC) de Vergnaud (1998) para analisar como a interação entre sujeito e objeto de conhecimento favorece a construção de conceitos matemáticos. Ao longo de intervenções pedagógicas periódicas, o estudante

utilizou materiais manipulativos como material dourado, jogos de cartas em *braille* e software de voz para desenvolver competências em adição e subtração. Os autores constataam que, embora o soroban seja reconhecido como recurso útil, pode gerar confusões quando o aluno ainda não consolidou a base decimal (10) e interage com um dispositivo que adota base 5. Por outro lado, a calculadora sonora conferiu maior segurança na validação dos cálculos, ainda que deva ser precedida pela consolidação conceitual das operações matemáticas.

De maneira integrada, os estudos analisados reforçam a importância de materiais manipulativos (táteis) e de tecnologia assistiva para a inclusão de estudantes com deficiência visual no ensino de matemática. Tais produções destacam o papel essencial do tato na compreensão de conceitos numéricos, geométricos e estatísticos, evidenciam a relevância de metodologias pedagógicas que promovam a participação ativa dos alunos, bem como ressaltam a necessidade de formação docente continuada e adaptada às demandas da Educação Especial e Inclusiva.

Sob essa perspectiva, as pesquisas apresentadas no Quadro 3, fornecem subsídios para esta pesquisa que visa o desenvolvimento de um recurso didático tátil, viabilizado pela tecnologia de impressão 3D, voltado às operações básicas da matemática, do Sistema de Numeração Decimal, com os conceitos de ordem e classe numérica, presentes na unidade temática de números. Ao abordarem aspectos como o uso do soroban, de materiais em *braille* e de algoritmos adaptados (por exemplo, a gelosia), esses estudos ajudam a elucidar desafios e soluções para o planejamento de recursos centrados nas necessidades específicas do aluno cego. De igual modo, destacam a importância de validar os materiais diretamente com os estudantes, contribuindo para o aperfeiçoamento de práticas inclusivas em matemática.

Os trabalhos mapeados evidenciam a crescente preocupação em tornar o ensino de Ciências e Matemática mais acessível a estudantes com deficiência visual, tanto por meio de adaptações curriculares e uso de recursos táteis, quanto pelo desenvolvimento de tecnologia assistiva e estratégias pedagógicas inclusivas. Em consonância, as dissertações, teses e artigos analisados revelam

convergências importantes em torno de dois aspectos centrais: a indispensável formação docente voltada a práticas inclusivas e o uso de materiais concretos, descrição verbal e interfaces tecnológicas capazes de promover participação ativa e autonomia estudantil.

A relevância atribuída ao tato e à audiodescrição didática, bem como a inserção de recursos como o *braille*, o *soroban* e a *impressão 3D*, reforçam a necessidade de ampliar o repertório de metodologias para atender às especificidades de alunos cegos ou com baixa visão. Ao mesmo tempo, as produções acadêmicas mapeadas apontam para lacunas ainda existentes, relacionadas sobretudo à carência de formação inicial e continuada de professores, à ausência de disciplinas específicas sobre educação inclusiva nos cursos de licenciatura e à escassez de práticas pedagógicas que integrem, de maneira sistemática, a tecnologia assistiva aos conteúdos curriculares.

Frente a esse cenário, destaca-se a pesquisa de Bandeira (2015), que evidenciou a necessidade de mudanças estruturais no curso de Licenciatura em Matemática da UFAC, no sentido de ampliar a formação inicial para incluir uma abordagem mais consistente sobre Educação Especial e Inclusiva. Como resultado das recomendações apresentadas, a estrutura curricular do curso foi reformulada em 2019, substituindo a antiga configuração, limitada a duas disciplinas obrigatórias sobre o tema, *Fundamentos da Educação Especial e Língua Brasileira de Sinais (Libras)*, por uma proposta mais abrangente, que passou a contemplar sete disciplinas voltadas à inclusão e ao ensino adaptado da matemática. Esse avanço, posteriormente analisado por Vilela (2023), consolidou-se como um marco na preparação dos licenciandos para atuar em salas de aula inclusivas, alinhando-se às demandas contemporâneas da educação matemática.

Desse modo, a presente revisão bibliográfica confirma a pertinência de se investir no aprimoramento de recursos educacionais inclusivos e na consolidação de políticas formativas de professores. Tais esforços buscam assegurar que as atividades propostas em sala de aula sejam verdadeiramente

equitativas⁷, contemplando as diferentes formas de aprender e de experimentar o conhecimento matemático. Ademais, as reflexões trazidas por esses estudos subsidiaram a elaboração e o aperfeiçoamento do produto educacional intitulado “Material manipulável *BrailleOperMat* - Coletânea de atividades com a unidade temática de números - descobertas do Sistema de Numeração Decimal e as operações de adição, subtração e multiplicação com audiodescrição didática foi elaborado a partir desse estudo, constitui-se em uma ferramenta inovadora e acessível, alinhada aos princípios da educação matemática inclusiva.

Ao oferecer tanto fundamentos teóricos como orientações práticas para o desenvolvimento de um material tátil alinhado aos princípios da educação inclusiva. Esse panorama servirá de alicerce para as etapas subsequentes desta dissertação, que visam aprofundar a análise e a aplicação dos conceitos estudados, com vistas a contribuir para a consolidação de práticas pedagógicas mais justas e acessíveis.

⁷ Equidade na educação inclusiva é redesenhar o ensino para atender às necessidades de cada estudante de forma única. Diferente da igualdade, que pressupõe tratar cada um de maneira idêntica, a equidade reconhece que cada estudante tem suas particularidades, necessidades e potencialidades. Por isso, precisamos oferecer suporte diferenciado para garantir que cada um tenha as mesmas oportunidades de sucesso (Góes *et al.*, 2025b, p. 22).

3 DEFICIÊNCIA VISUAL E APRENDIZAGEM MATEMÁTICA

Esta seção discute os conceitos de deficiência visual (DV) e as possibilidades de aprendizagem matemática por pessoas cegas, com destaque para os sentidos tátil e auditivo. Explorou o Código Braille, a audiodescrição e a audiodescrição didática. Apresentou, à luz da teoria histórico-cultural de Vigotski, as noções de mediação e de zona de desenvolvimento proximal, explicitando suas implicações para o ensino de matemática na temática de Números com olhar na Base Nacional Comum Curricular para o ensino fundamental. Finaliza com a tecnologia de manufatura aditiva (Impressão 3D).

3.1 Conceitos de deficiência visual

De acordo com Souza (2024) e Vergara-Nunes (2016), o conceito de deficiência visual apresenta diferentes interpretações, variando conforme a perspectiva adotada. A deficiência visual caracteriza-se pela perda ou redução parcial da capacidade de enxergar em ambos os olhos, de forma que não possa ser corrigida por meio de lentes convencionais (óculos ou lentes de contato) e que resulte em prejuízos significativos na realização de tarefas cotidianas (Brasil, 1999). De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), esse conceito abrange diferentes níveis de comprometimento visual, desde a baixa visão até a cegueira completa, variando segundo o grau de acuidade visual e/ou o campo visual limitado (Organização Mundial da Saúde, 2021).

No contexto educacional brasileiro, esses conceitos ganham relevância especial quando se observa o número crescente de estudantes com deficiência visual matriculados na educação básica. Segundo o relatório do Instituto Rodrigo Mendes, com base no Censo Escolar da Educação Básica de 2023, foram registradas 86.867 matrículas de estudantes com baixa visão e 7.321 matrículas de estudantes cegos no ensino fundamental no Brasil (Mendes, 2024). Esses dados evidenciam a dimensão e a importância da implementação de práticas pedagógicas inclusivas, bem como o investimento contínuo em recursos acessíveis e formação docente especializada.

No Brasil, a deficiência visual é reconhecida pela Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Lei nº 13.146/2015) e pelo Decreto nº 3.298/1999, que estabelecem critérios para o enquadramento de pessoas com deficiência, incluindo aquelas com perda ou redução funcional da visão. Essas normativas objetivam garantir direitos, acessibilidade, adaptação de materiais e recursos de apoio para pessoas com diferentes graus de comprometimento visual, além de promover sua inclusão social e educacional (Brasil, 1999, 2015). Conforme disposto no Art. 2º da Lei nº 13.146/2015:

Art. 2º Considera-se pessoa com deficiência aquela que tem impedimento de longo prazo de natureza física, mental, intelectual ou sensorial, o qual, em interação com uma ou mais barreiras, pode obstruir sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdade de condições com as demais pessoas (Brasil, 2015).

Salton; Agnol; Turcatti (2017, p. 9) afirmam que “[...] a deficiência não está na pessoa e sim no meio, que não é capaz de suprir as necessidades advindas de seus atributos pessoais”. Essa perspectiva reforça a necessidade de repensar as práticas pedagógicas, reconhecendo que a deficiência não é inerentemente uma limitação do indivíduo, mas uma consequência das barreiras impostas pelo ambiente educacional. Nesse sentido, a adoção de metodologias inclusivas que atendam à diversidade dos estudantes torna-se essencial, contemplando diferentes estilos de aprendizagem e demandas específicas. A acessibilidade curricular, o uso de tecnologia assistiva e a formação docente voltada para a inclusão configuram-se como elementos primordiais para garantir um processo educacional equitativo. Dessa forma, a superação de desafios educacionais demanda a transformação do ambiente escolar, favorecendo uma cultura que valorize a diversidade e assegure a participação ativa de todos no processo de construção do conhecimento.

Nunes (2017) categoriza a DV em três grupos distintos: cegueira, baixa visão e visão monocular, podendo ser congênita ou adquirida ao longo da vida. A DV impacta diretamente a maneira como o indivíduo interage com o ambiente, exigindo adaptações tanto na rotina diária quanto no processo de ensino e aprendizagem. A cegueira representa o grau mais severo, demandando o uso de recursos específicos, como o *braille*, tecnologia assistiva e metodologias pedagógicas acessíveis, para promover inclusão e a autonomia necessárias à

realização de metas educacionais. Para compreender melhor esse grupo, é fundamental diferenciá-lo quanto às suas causas e manifestações, a fim de viabilizar estratégias mais adequadas no âmbito educacional e social. Nesse sentido, Sá, Campos e Silva (2007) definem a cegueira como uma alteração grave ou total das funções visuais, comprometendo aspectos essenciais da percepção visual:

A cegueira é uma alteração grave ou total de uma ou mais das funções elementares da visão que afeta de modo irremediável a capacidade de perceber cor, tamanho, distância, forma, posição ou movimento em um campo mais ou menos abrangente. Pode ocorrer desde o nascimento (cegueira congênita), ou posteriormente (cegueira adventícia, usualmente conhecida como adquirida) em decorrência de causas orgânicas ou acidentais (Sá; Campos; Silva, 2007, p. 15).

Para Bandeira (2015, p. 111), de forma geral, “[...] cegueira é um tipo de deficiência sensorial que compromete a aquisição de informações exteriores pelo canal visual”. No campo educacional, essa condição é compreendida como a presença de dificuldades significativas na leitura e escrita por métodos convencionais, o que torna necessário o uso do sistema braille como principal meio de acesso ao conteúdo. Essa concepção evidencia que a cegueira, mais do que uma limitação física, demanda o desenvolvimento de estratégias pedagógicas específicas e o uso de recursos acessíveis que possam favorecer o aprendizado e a participação do estudante no ambiente escolar. Assim, é possível compreender a cegueira tanto sob uma perspectiva sensorial quanto funcional, sendo esta última especialmente relevante no planejamento de práticas educativas inclusivas (Bandeira, 2015).

A baixa visão, por outro lado, abrange um conjunto de condições em que há comprometimento significativo da função visual, porém sem perda total da percepção luminosa. Diferentemente da cegueira, indivíduos com baixa visão mantêm um resíduo visual que pode ser aproveitado para a realização de atividades cotidianas e acadêmicas, desde que se adotem os recursos apropriados. Esse grupo heterogêneo apresenta diferentes graus de limitação visual, afetando, por exemplo, a capacidade de leitura, de identificação de objetos a distância ou de percepção de detalhes, o que exige adaptações específicas para garantir maior autonomia e participação social.

No contexto escolar, compreender as características da baixa visão é determinante para a adoção de estratégias pedagógicas eficazes que respondam às demandas desse grupo. O uso de materiais com alto contraste, fontes ampliadas, iluminação adequada e recursos ópticos são algumas das medidas que favorecem a aprendizagem. Além disso, a tecnologia assistiva desempenha um papel fundamental ao viabilizar o acesso a leituras e à interação com o meio, o que contribui para ampliar a independência e a inclusão no ambiente de ensino.

Para esclarecer as especificidades da baixa visão, Salton, Agnol e Turcatti (2017) definem esse grupo da seguinte maneira:

A baixa visão é o comprometimento do funcionamento visual em ambos os olhos, mesmo após correção com uso de óculos ou lentes de contato. No entanto, diferente da pessoa com cegueira, a pessoa com baixa visão possui algum resíduo visual. Nesse grupo, encontramos uma variedade de intensidades e tipos de comprometimento. Por exemplo, algumas pessoas com baixa visão conseguem ler textos com fontes grandes ou com o uso de lupas, enquanto outras conseguem apenas detectar grandes formas, cores ou contrastes (Salton; Agnol; Turcatti, 2017, p. 29).

Além da cegueira e da baixa visão, a deficiência visual também inclui a visão monocular, caracterizada pela perda total ou significativa da capacidade de enxergar em um dos olhos, acarretando a ausência de percepção tridimensional e a restrição do campo visual (Nunes, 2020). De acordo com a Organização Mundial da Saúde, a visão monocular:

[...] é caracterizada quando uma pessoa enxerga com um olho, mas tem apenas 20% ou menos da visão no outro, limitando a noção de profundidade e sensação tridimensional e visão periférica, o que afeta o campo de visão e limita atividades diárias como trabalho e estudo (Souza, 2024, p. 21).

Embora indivíduos com visão monocular possam compensar, em certa medida, a perda em um dos olhos por meio do outro, a dificuldade em perceber profundidade, distância e movimentos pode ocasionar obstáculos em tarefas que exigem precisão visual, como a locomoção segura, a interpretação de sinalizações e atividades que envolvem coordenação espacial refinada.

O reconhecimento legal da visão monocular como deficiência no Brasil representou um avanço significativo na garantia do acesso a direitos e

adaptações indispensáveis. Essa inclusão na legislação ampliou as possibilidades de acessibilidade e participação social, permitindo que pessoas com essa condição usufríssem de apoios em diversos campos, como a educação e o trabalho. Nesse sentido, a Lei 14.126, de 22 de março de 2021, classifica a visão monocular como deficiência sensorial, do tipo visual (Brasil, 2021).

Silva (2024) ressalta que compreender a deficiência visual implica reconhecer que essa condição consiste na ausência total ou na limitação considerável da visão. Desse modo, conhecer o estudante com deficiência e os sentidos que potencializam sua aprendizagem constitui o ponto de partida para o trabalho do educador.

3.2 Aprendizagem de estudantes com deficiência visual

Para a aprendizagem dos estudantes com deficiência visual, se faz importante construir um “modelo de ensino que busca garantir que todos os educandos, independentemente de suas habilidades ou necessidade, possam aprender juntos na mesma escola”. Essa compreensão é o que chamamos de Educação inclusiva (Góes *et al.*, 2025a, p. 15).

Frente a deficiência visual, os sentidos humanos compartilham características e capacidades universais, permitindo que pessoas com deficiência visual desenvolvam formas alternativas de percepção e interação com o ambiente. Assim, os sentidos tátil, auditivo, gustativo, olfativo e sinestésico assumem papel central no aprendizado de estudantes cegos, pois possibilitam a construção do conhecimento por meio de estímulos adaptados e complementares.

Para que o aprendizado seja completo e significativo é importante possibilitar a coleta de informação por meio dos sentidos remanescentes. A audição, o tato, o paladar e o olfato são importantes canais ou porta de entrada de dados e informações que serão levados ao cérebro. Lembramos que se torna necessário criar um ambiente que privilegia a convivência e a interação com diversos meios de acesso à leitura, à escrita e aos conteúdos escolares em geral (Sá; Campos; Silva, 2007, p. 21).

Conceituada originalmente pelo Comitê de Ajudas Técnicas (Brasil, 2009, p. 9), a Tecnologia Assistiva (TA) é “uma área do conhecimento de caráter interdisciplinar que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços voltados a promover funcionalidade e participação de pessoas com deficiência⁸”. Galvão Filho (2025) aprofunda essa definição ao realçar que a TA transcende dispositivos: envolve mediações instrumentais capazes de assegurar autonomia e inclusão, alinhando-se ao paradigma social da deficiência.

No âmbito educacional, Marinho; Furtado; Nunes (2022) entendem a TA como um conjunto de recursos, serviços e práticas pedagógicas que favorecem o acesso, a permanência e o êxito de estudantes com deficiência na educação básica e superior, respeitando as especificidades de cada sujeito.

Ao ensinar matemática a estudantes cegos, tato e audição tornam-se os principais vetores de acesso ao conhecimento (Bandeira, 2015; Arruda, 2019; Ferreira, 2019; Nunes, 2020; Teles, 2020; Silva, 2024). A ausência de visão requer estratégias diferenciadas e materiais adaptados, tais como gráficos em relevo, recursos sonoros e dispositivos de TA. Bersch (2017) esclarece:

Considera-se Assistiva a tecnologia educacional que rompe barreiras sensoriais, motoras ou cognitivas, favorece a participação ativa e autônoma do aluno em projetos pedagógicos e possibilita a manipulação de objetos de estudo; sem esse recurso, sua participação seria restrita ou inexistente (Bersch, 2017, p. 12).

Quando aplicada de forma intencional, a TA expande as interações, facilita o acesso à informação e potência a expressão de conhecimentos de acordo com as necessidades individuais.

A construção do conhecimento em matemática exige, ainda, o reconhecimento das potencialidades dos estudantes e a eliminação de barreiras que obstaculizam a aprendizagem. A Lei nº 13.146/2015 — Lei Brasileira de Inclusão — estabelece diretrizes de acessibilidade e inclusão, definindo barreira como “qualquer entrave, obstáculo, atitude ou comportamento que limite ou impeça a participação social da pessoa [...]” (Salton; Agnol; Turcatti, 2017, p.

⁸ Comitê de Ajudas Técnicas - 2008

10). Essas barreiras podem ser urbanísticas, arquitetônicas, de transporte, de comunicação e informação, atitudinais ou tecnológicas (Figura 1).

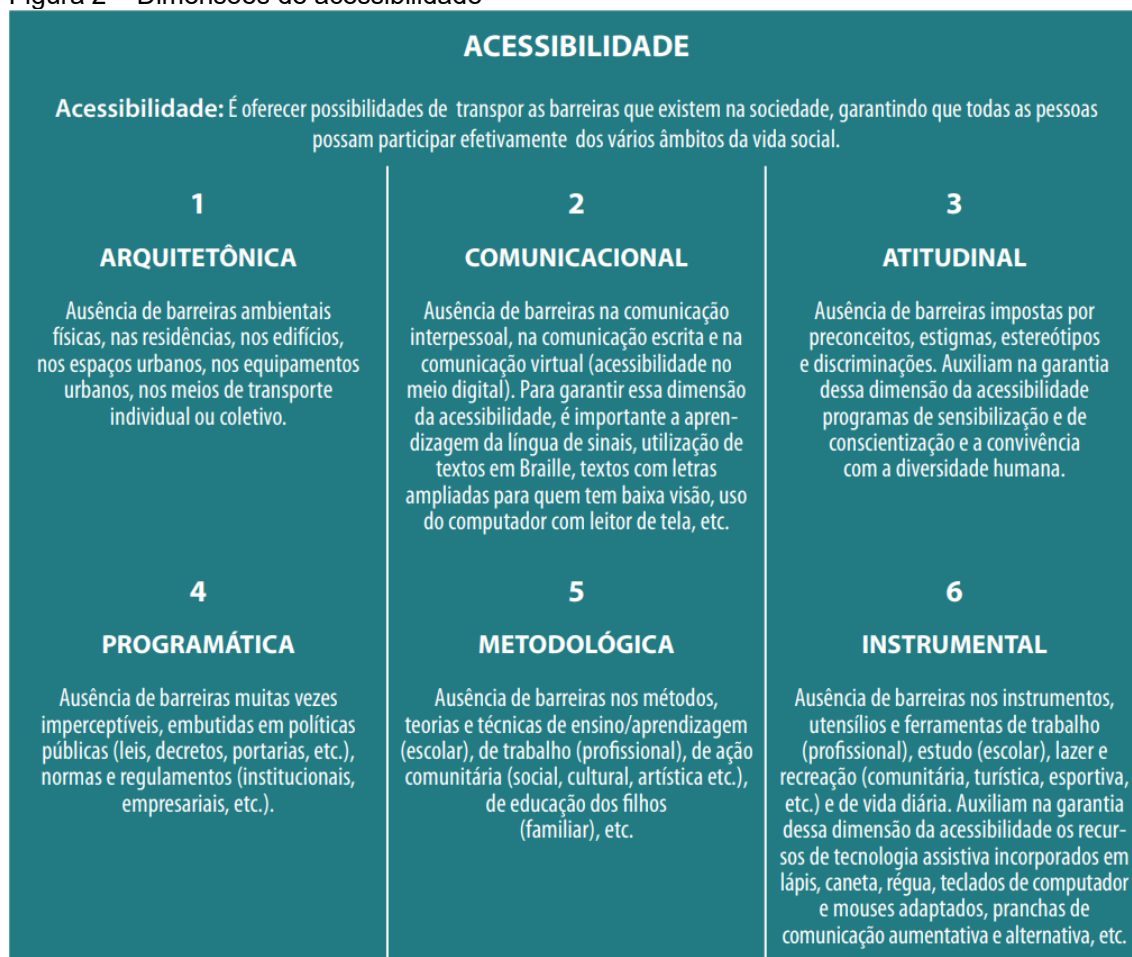
Figura 1 – Classificação de Barreiras



Fonte: Salton, Agnol e Turcatti (2017, p. 10)

No contexto educativo, romper tais barreiras implica rever práticas pedagógicas, currículos e políticas institucionais. Inclusão, conforme Sasaki (2009), é um compromisso coletivo de adequar sistemas sociais à diversidade humana. A acessibilidade, nesse sentido, “oferece meios de transpor barreiras que existem na sociedade” (Sasaki, 2009, p. 11). As suas dimensões: arquitetônica, comunicacional, atitudinal, programática, metodológica e instrumental tornam-se referenciais para a ação docente (Figura 2).

Figura 2 – Dimensões de acessibilidade



Fonte: Salton, Agnol e Turcatti (2017, p.12)

Persistem, contudo, entraves menos visíveis, como a barreira naturalista: a crença de que condições corporais ou cognitivas são, em si, limitadoras (Diniz, 2007). Essa perspectiva culpabiliza o indivíduo e inviabiliza práticas inclusivas (Mantoan, 2003; Aragão, 2015). Superá-la requer postura crítica e valorização da pluralidade (Mendes, 2020).

3.2.1 A aprendizagem matemática pelo sentido tátil

Focando novamente a matemática, sobressaem barreiras comunicacionais, metodológicas e instrumentais. A acessibilidade comunicacional demanda recursos que garantam independência e autonomia (Albuquerque, 2021), o sistema *braille* constitui pilar nesse processo. No plano metodológico, é imprescindível reorganizar práticas pedagógicas, integrando recursos que superem obstáculos e promovam aprendizagem significativa.

Explorar, de modo articulado, as percepções tátil, auditiva e sinestésica, com ênfase no sistema *braille* e materiais manipuláveis, revela-se promissor para tornar a matemática acessível e equitativa. O tato permite identificar formatos e relações espaciais; a audição auxilia na assimilação de informações verbais; a sinestesia reforça memórias e abstrações.

O Código *Braille* (Figura 3), criado por Louis Braille em 1825, expressa letras, números e símbolos matemáticos em combinações de seis pontos em relevo (Sá; Campos; Silva, 2007, p. 22). No ensino de matemática, esse sistema viabiliza a compreensão por meio do tato das operações aritméticas, expressões algébricas e representações gráficas adaptadas, podendo favorecer a autonomia do estudante cego, desde que alfabetizado no Código Braille.

Figura 3 – Código Braille

1ª Série	a ·	b :	c ··	d ::	e ·.	f ::	g ::	h ::	i ·.	j ::
	1	12	14	145	15	124	1245	125	24	245
2ª Série	k :	l :	m ::	n ::	o ·.	p ::	q ::	r ::	s :	t ::
	13	123	134	1345	135	1234	12345	1235	234	2345
3ª Série	u ·.	v ::	x ::	y ::	z ::	ç ::	é ::	á ::	é ::	ú ::
	136	1236	1346	13456	1356	12346	123456	12356	2346	23456
4ª Série	â ·.	ê ::	î ::	ô ::	û ::	à ::	ï ::	ü ::	õ ::	w ::
	16	126	146	1456	156	1246	12456	1256	246	2456
5ª Série	, ·	;	: ··	÷ ::	? ·.	! ::	= ::	“ ” ·.	* ·.	° ·.
	2	23	25	256	26	235	2356	236	35	356
6ª Série	í ·.	ã ::	ó ::	# ::	´ ·.	- ·.				
	34	345	346	3456	3	36				
7ª Série	^ ·	¬ :	_ :	~ ·.	{ :	\$:	ý ·.			
	4	45	456	5	46	56	6			

Fonte: Moraes (2012, p. 346); Reily (2011, p. 152–153)

Além do mais para a percepção tátil os materiais didáticos acessíveis, como gráficos em relevo, ábacos adaptados, sólidos geométricos táteis e para percepção auditiva os recursos de audiodescrição, podem ampliar significativamente as possibilidades de ensino e aprendizagem para estudantes (Cerqueira; Ferreira, 2000). A utilização desses recursos, especialmente os manipuláveis, tem se mostrado fundamental no desenvolvimento de atividades matemáticas, conforme indicam experiências relatadas por Silva, Leite e Palmeira (2020).

Esses materiais não apenas promovem a inclusão, mas também favorecem a construção de significados ao permitir a interação direta do estudante com os objetos de estudo. Reys (1971 *apud* Miranda; Pires, 2019) argumenta que o manuseio desses recursos facilita a elaboração de conceitos, tornando o aprendizado mais concreto e compreensível.

Reforçando essa perspectiva, Lorenzato (2010) afirma que o uso de materiais didáticos manipuláveis é essencial para a aprendizagem significativa. Para o autor, a manipulação direta favorece a compreensão de conceitos abstratos ao partir do concreto, permitindo ao aluno “ver com as mãos”. Como ele ressalta:

O fazer é mais forte que o ver ou o ouvir. [...] O resultado dessa experiência é sempre um sucesso, quaisquer que sejam as idades das pessoas, o que destrói a crença de que material didático manipulável só deve ser utilizado para ensinar crianças (Lorenzato, 2010, p. 18).

Assim, material manipulável, segundo Lorenzato (2010), pode ser definido como qualquer recurso físico que, ao ser manuseado pelos estudantes, contribui para que compreendam conceitos matemáticos de maneira concreta. Esses materiais possibilitam a experimentação, a visualização e a construção ativa do conhecimento, reforçando, dessa forma, a aprendizagem significativa.

Para selecionar, adaptar ou produzir materiais manipuláveis Cerqueira e Ferreira (2000), ressaltam que o professor precisa observar critérios que garantam a eficácia desses materiais. Essa atenção deve contemplar tanto estudantes cegos como aqueles com baixa visão, assegurando que os recursos atendam às suas necessidades e facilitem o processo de aprendizagem.

Na seleção, adaptação ou elaboração de recursos didáticos para alunos deficientes visuais, o professor deverá levar em conta alguns critérios para alcançar a desejada eficiência na utilização dos mesmos, tanto para crianças cegas como para as crianças de visão subnormal.

Tamanho: os materiais devem ser confeccionados ou selecionados em tamanho adequado às condições dos alunos. Materiais excessivamente pequenos não ressaltam detalhes de suas partes componentes ou perdem-se com facilidade. O exagero no tamanho pode prejudicar a apreensão da totalidade (visão global).

Significação Tátil: o material precisa possuir um relevo perceptível e, tanto quanto possível, constituir-se de diferentes texturas para melhor destacar as partes componentes. Contrastes do tipo: liso/áspero, fino/espesso, permitem distinções adequadas.

Aceitação: o material não deve provocar rejeição ao manuseio, fato que ocorre com os que ferem ou irritam a pele, provocando reações de desagrado.

Estimulação Visual: o material deve ter cores fortes e contrastantes para melhor estimular a visão funcional do aluno deficiente visual.

Fidelidade: o material deve ter sua representação tão exata quanto possível do modelo original.

Facilidade de Manuseio: os materiais devem ser simples e de manuseio fácil, proporcionando ao aluno uma prática utilização.

Resistência: os recursos didáticos devem ser confeccionados com materiais que não se estraguem com facilidade, considerando o freqüente manuseio pelos alunos.

Segurança: os materiais não devem oferecer perigo para os educandos (Cerqueira; Ferreira, 2000, p. 3).

Os materiais manipuláveis voltados a estudantes com deficiência visual precisam considerar sua acessibilidade e funcionalidade, bem como seu potencial de proporcionar uma experiência sensorial relevante. Ademais, a mediação verbal detalhada pelo professor é essencial para que o estudante construa imagens mentais e aprofunde a compreensão dos conceitos. A combinação de materiais manipuláveis bem planejados e mediação eficaz pode ampliar as oportunidades de aprendizagem matemática para estudantes com deficiência visual (Arruda, 2019; Bandeira, 2015).

3.2.2 A aprendizagem matemática pelo sentido auditivo

A acessibilidade no ensino de matemática para estudantes com Deficiência Visual (DV) exige estratégias que superem os modelos tradicionais de ensino centrados em aspectos visuais. Nesse contexto, a Audiodescrição Didática (ADD) consiste em um recurso fundamental para mediar o conhecimento matemático por meio do sentido auditivo. Enquanto a Audiodescrição (AD) se estabelece como uma tecnologia assistiva voltada para a tradução de elementos visuais em informações verbais, sua aplicação na docência matemática requer práticas que combinem descrição objetiva, estruturação didática e coerência pedagógica. Nesta seção, exploram-se as potencialidades da AD como ferramenta de acessibilidade, sua especificidade no contexto da ADD e o impacto dessa prática na aprendizagem matemática, destacando como a informação auditiva pode viabilizar a construção do raciocínio lógico e a compreensão de conceitos abstratos de maneira eficaz.

3.2.2.1 Audiodescrição

A AD configura-se como uma tecnologia assistiva indispensável na promoção da acessibilidade de pessoas com DV a conteúdos visuais, garantindo-lhes maior autonomia no processo de construção de conhecimento. Segundo Vergara-Nunes (2011), a AD viabiliza a conversão de elementos visuais em descrições verbais, permitindo a compreensão de informações originalmente veiculadas por meio de imagem. Sob essa ótica, a audiodescrição ultrapassa a mera narração de imagens, configurando-se como um processo de tradução intersemiótica que transforma signos visuais em linguagem oral, possibilitando a acessibilidade cognitiva a esses conteúdos. Essa conversão assegura que indivíduos com deficiência visual possam interpretar e formular significados a partir de informações inicialmente concebidas para o sentido da visão. Além disso, a AD expande as possibilidades de inclusão social, pois permite que sujeitos historicamente excluídos do acesso a determinados recursos participem efetivamente de práticas culturais e educativas. Desse modo, a audiodescrição consolida-se como um recurso valioso para a democratização do conhecimento e para a busca de equidade nos processos de ensino e aprendizagem.

A prática de audiodescrição teve início na década de 1970, nos Estados Unidos, e foi gradualmente reconhecida como recurso essencial à acessibilidade de pessoas com deficiência visual na fruição de conteúdos visuais (Santos, 2022). Em 1975, a AD começou a ser utilizada em produções audiovisuais norte-americanas, expandindo-se progressivamente para diferentes âmbitos, como cinema, teatro, museus e educação (Vergara-Nunes, 2016). No Brasil, a adoção da AD ocorreu de modo mais tardio, com iniciativas pontuais que deram visibilidade a esse recurso. De acordo com Santos (2022), um dos primeiros marcos ocorreu em 1999, quando Bell Machado organizou sessões de narração audiodescritiva de filmes para uma associação de cegos em Campinas (SP), constituindo uma experiência pioneira no país. Desde então, seu uso ampliou-se para festivais de cinema, espetáculos teatrais e campanhas publicitárias, consolidando-se como instrumento indispensável para assegurar a inclusão de pessoas com deficiência visual em diferentes expressões artísticas. A oficialização de sua obrigatoriedade na televisão brasileira, em 2011,

representou um avanço notável na garantia dos direitos desse público e no fortalecimento da acessibilidade comunicacional (Vergara-Nunes, 2016).

Embora se reconheça a audiodescrição como uma tecnologia assistiva fundamental à acessibilidade de pessoas cegas, sua natureza difere das demais tecnologias por não ser um produto isolado. Ao contrário de dispositivos como leitores de tela ou aparelhos táteis, que podem ser adquiridos e utilizados de maneira independente, a audiodescrição depende de um conteúdo visual a ser descrito em linguagem oral. Essa característica evidencia a necessidade de mediação qualificada para que a descrição preserve a fidelidade das informações visuais e garanta uma experiência acessível e significativa ao público-alvo. Vergara-Nunes (2016) destaca:

Apesar de tratar-se de um recurso de acessibilidade que permite a visualização do conhecimento às pessoas cegas com o acesso a conteúdos veiculados por meio de imagens, a audiodescrição, diferentemente das demais tecnologias assistivas, não é um produto único, independente, a ser adquirido em alguma loja. Trata-se de um serviço que só é completo com o produto audiovisual audiodescrito, ou seja, está atrelado ao produto audiodescrito. Não existe audiodescrição sem uma imagem. Sozinha, trata-se, apenas, de uma descrição narrada (Vergara-Nunes, 2016, p. 94–95).

A audiodescrição, portanto, não atua como um recurso didático isolado, mas como um processo de mediação que exige planejamento e adaptação para garantir que a conversão de elementos visuais em linguagem verbal seja eficiente e relevante para o público-alvo. Sua adoção expande-se da esfera do entretenimento ao acesso a conteúdos educacionais, permitindo que pessoas com DV compreendam informações concebidas para serem percebidas pela visão. Entretanto, no caso do ensino de disciplinas baseadas em conceitos visuais, como a matemática, faz-se necessário refinar sua aplicação, indo além da simples descrição de imagens. Surge, então, a Audiodescrição Didática, uma vertente da audiodescrição convencional que ajusta seus princípios ao ambiente de ensino, visando não apenas à acessibilidade de conteúdos visuais, mas também à organização pedagógica que favoreça a construção do conhecimento matemático pelo sentido auditivo.

3.2.2.2 Audiodescrição Didática

A Audiodescrição Didática (ADD) constitui um recurso essencial para ampliar as possibilidades de aprendizagem, pois adapta a audiodescrição à realidade educacional, assegurando que o estudante com deficiência visual acesse plenamente conteúdos visuais de natureza pedagógica. Para que os recursos visuais utilizados em sala de aula se tornem acessíveis, é fundamental que sejam audiodescritos de forma planejada, considerando não apenas a tradução da imagem em linguagem oral, mas também sua pertinência didática e seus objetivos de ensino (Vergara-Nunes, 2016). Diferentemente da audiodescrição em outros âmbitos, a ADD deve abranger a natureza do conteúdo e o perfil do estudante, assegurando a efetividade da aprendizagem. Entretanto, o uso único do sentido auditivo, sem uma mediação adequada, pode não ser suficiente para garantir a assimilação de conhecimentos:

O uso dos outros sentidos, quando há ausência do sentido visual, pode não ser suficiente para garantir a aprendizagem, necessitando da mediação da pessoa vidente⁹ que dará a pessoa com deficiência visual condições de acesso à informação exposta, e assim ela poderá conseguir compreender a informação (Martins, 2024, p. 47).

Isso reforça a relevância da mediação pedagógica, evidenciando a necessidade de um planejamento consistente para a implementação eficaz da ADD.

A estrutura da audiodescrição deve ser organizada com rigor para evitar sobrecarga de informações e assegurar que o estudante compreenda o conteúdo sem prejuízos. Esse processo pode ser fortalecido por abordagens pedagógicas, como a aprendizagem cooperativa, em que colegas normovisual auxiliam na descrição de materiais didáticos, fomentando um ambiente mais inclusivo. A ADD extrapola a mera conversão de imagens em palavras, pois se relaciona às particularidades do processo de ensino.

⁹ Conforme argumenta Garland-Thomson (2002), o termo “vidente” designa não apenas o indivíduo com capacidade visual preservada, mas, sobretudo, aquele que ocupa uma posição de normatividade sensorial em contextos socioculturais estruturados por um paradigma ocularocêntrico. Nessa perspectiva, a visão é tomada como padrão hegemônico de percepção e cognição, sendo socialmente valorizada em detrimento de outras formas sensoriais de apreensão do mundo, como o tato e a audição. Assim, o sujeito vidente representa uma referência normativa contra a qual se definem as demais experiências corporais e cognitivas, contribuindo para a marginalização de pessoas com deficiência visual nos espaços educacionais, comunicacionais e simbólicos [tradução nossa].

Santos (2022) defende que a ADD é uma tecnologia assistiva comunicacional, na qual a descrição de figuras, cenas e imagens em sala de aula requer planejamento para assegurar que a pessoa com deficiência visual acesse o conhecimento em condições equivalentes às dos demais estudantes. Nessa perspectiva Martins (2024), Souza (2024) e Vergara-Nunes (2016) convergem ao apontar o professor audiodescritor como peça-chave nesse processo, uma vez que lhe cabe não apenas traduzir elementos visuais, mas interpretar o propósito pedagógico da imagem, conhecer o nível de deficiência visual do estudante e adaptar a descrição às suas necessidades cognitivas. Para Vergara-Nunes (2016), cada imagem presente em materiais didáticos tem um propósito educativo específico, exigindo uma estrutura de audiodescrição em sintonia com o ritmo e as demandas do aprendiz. Além disso, deve-se ter cautela na seleção de informações a serem descritas, evitando sobrecarga de detalhes que dificulte a compreensão.

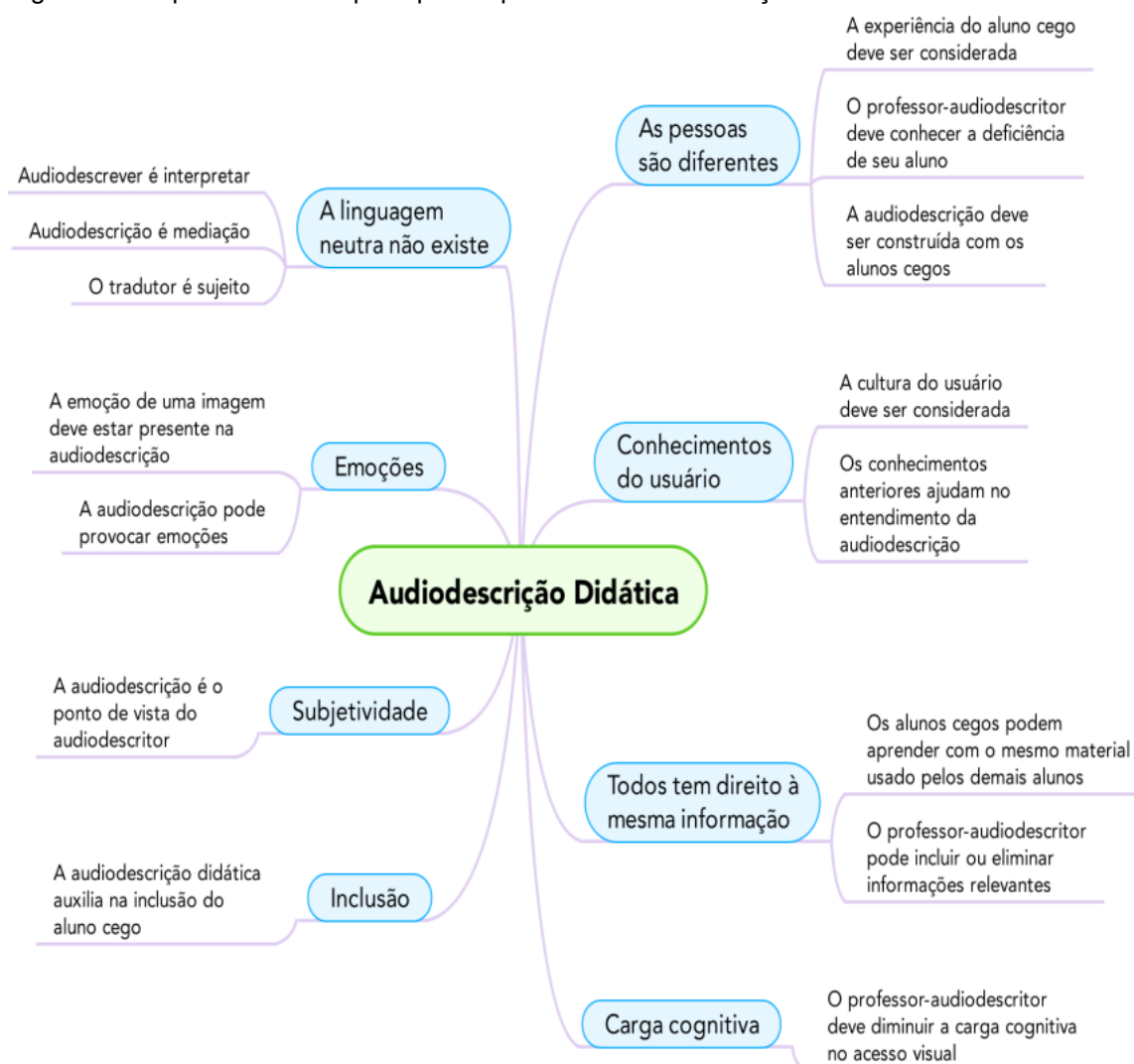
Portanto, a eficácia da ADD não se limita à tradução técnica de imagens em linguagem oral, mas está ligada à capacidade de incorporar subjetividade, emoção e finalidade pedagógica à descrição, de modo que o estudante com deficiência visual vivencie um aprendizado significativo e equitativo. Nessa perspectiva, Santos (2022) salienta que a ADD envolve a inserção de informações extras, considera a subjetividade e evidencia a presença do tradutor, realçando que toda audiodescrição é interpretativa, pois a neutralidade de linguagem não existe:

ADD – apresenta informações extras, considera a subjetividade, visibilidade do tradutor, toda AD é interpretação, a linguagem neutra não existe, emoções, foco no objetivo uso da imagem, foco no receptor, ferramenta de ensino com imagens, auxilia na aprendizagem do aluno, considera o receptor como indivíduo, há interferência do audiodescritor (Santos, 2022, p. 35).

Além disso, a ADD abrange elementos emocionais, orienta-se pelo objetivo de uso da imagem e pelo perfil do receptor, constituindo-se, assim, em um instrumento pedagógico que potencializa a aprendizagem. Ao considerar o estudante como um indivíduo com características cognitivas singulares, o audiodescritor assume uma função ativa no processo de ensino, garantindo que a audiodescrição seja não apenas uma ferramenta de acessibilidade, mas um recurso didático fundamental para a construção do conhecimento.

Vergara-Nunes (2016) apresenta um mapa mental que sintetiza os principais aspectos da ADD (Figura 4).

Figura 4 – Mapa Mental com principais aspectos da audiodescrição didática



Fonte: Vergara-Nunes (2016, p. 241)

Na elaboração da Audiodescrição Didática (ADD), considera-se a diversidade humana como fator primordial na adaptação dos conteúdos pedagógicos às necessidades específicas de cada estudante com deficiência visual. Nesse sentido, o professor-audiodescritor deve conhecer não apenas o tipo e a condição da deficiência visual do aluno, mas também suas particularidades, como a diferença entre cegueira congênita e adquirida, o momento em que ocorreu a perda da visão e o repertório prévio do estudante em relação a cores, formas e referências espaciais. Essas informações, aliadas à experiência docente, sustentam a construção de uma ADD mais eficiente, contextualizada e significativa (Vergara-Nunes, 2016). É importante destacar

que o processo não envolve uma linguagem neutra, mas uma interpretação em que a subjetividade do audiodescritor se faz presente. Se a imagem transmite uma emoção, a ADD deve não apenas descrevê-la, mas também buscar suscitar a mesma sensação no aluno. Assim, conhecer o perfil do usuário e considerar sua bagagem cultural são indispensáveis à construção de um ensino inclusivo.

O objetivo central da ADD é promover a inclusão do estudante com deficiência visual, possibilitando que ele utilize, em igualdade de condições, os mesmos materiais didáticos dos demais alunos. Cabe ao professor-audiodescritor selecionar, reorganizar ou mesmo omitir algumas informações, priorizando aquelas que favorecem efetivamente a aprendizagem e a compreensão do conteúdo. Além disso, é fundamental equilibrar a carga cognitiva necessária ao estudante, evitando o excesso de descrições que possa prejudicar a assimilação do conteúdo (Vergara-Nunes, 2016).

No âmbito da ADD, reforça-se que a adoção de materiais táteis, recursos em relevo, *braille* e demais tecnologia assistiva não deve ser substituída, mas estimulada e articulada com a audiodescrição. A ADD não concorre com esses recursos, mas atua de forma sinérgica, ampliando as experiências de aprendizagem do estudante com deficiência visual. Desse modo, ao integrar diferentes soluções e estratégias, a ADD expande as possibilidades de acesso ao conhecimento, constituindo-se em um recurso essencial para efetivar a inclusão educacional.

3.2.2.3 Roteiro da Audiodescrição Didática

A ADD organiza-se em três blocos principais: Receptor, Contexto de Uso e Imagem, que orientam a elaboração do roteiro descritivo de maneira sistematizada, atendendo às necessidades pedagógicas. Zehetmeyr, Filho e Vergara-Nunes (2016) em seu “*Guia Prático: Produção de Audiodescrição Didática*”, definem cada um desses blocos com parâmetros específicos para uma descrição ajustada ao perfil do estudante.


- O *bloco Receptor* reúne informações sobre o aluno, como idade, sexo, tipo e momento de início da deficiência visual, elementos indispensáveis para adequar a audiodescrição à sua realidade perceptiva e cognitiva.

- *O bloco Contexto de Uso* contempla informações acerca do professor responsável, da instituição de ensino, do ano escolar, da disciplina e dos objetivos pedagógicos vinculados à imagem. Esse conjunto assegura a integração da ADD ao planejamento didático.
- *O bloco Imagem* abrange a descrição detalhada, a definição dos aspectos relevantes para o ensino, a seleção de palavras-chave ligadas ao conteúdo e a organização do roteiro de forma clara e acessível.

Para evitar sobrecarga cognitiva, recomenda-se iniciar a descrição pelo contexto geral da imagem, indicando elementos como cenário, número de pessoas, cores e formas dos objetos, sempre que pertinentes. Na etapa final, é essencial revisar o roteiro com o estudante, promover ajustes de terminologia e gravar o áudio em formato digital, de modo a garantir sua acessibilidade. A Figura 5 apresenta um modelo de ficha para a elaboração da ADD:

Figura 5 – Ficha para elaboração da ADD

ROTEIRO DA AUDIODESCRIÇÃO:		
NARRAÇÃO:		
DATA: ___/___/___		
RECEPTOR		
Nome do aluno:	Idade:	
Tipo de DV:	Sexo: () M () F	
Momento de início da DV: _____		
Conhecimentos culturais: _____		
Conhecimentos escolares: _____		
CONTEXTO DO USO		
Professor a usar imagem:		
Escola:	Disciplina:	Ano:
Conteúdo a ser trabalhado:		
Objetivo da imagem dentro do material a ser usado: _____		
IMAGEM		
Aspectos relevantes da imagem (para alcançar o objetivo): _____		

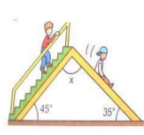
IMAGEM A SER AUDIODESCRITA	DESCRIÇÃO DA IMAGEM
	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
ROTEIRO DA AUDIODESCRIÇÃO DIDÁTICA	
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	
ALTERNATIVAS	
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	

Fonte: Zehetmeyr, Filho e Vergara-Nunes (2016, p. 12-13).

A Figura 6 e a Figura 7 apresentam exemplos de roteiros de Audiodescrição Didática:

Figura 6 – Exemplo de roteiro da audiodescrição didática

EXEMPLO 01 - MATEMÁTICA

ROTEIRO DA AUDIODESCRIÇÃO	
ROTEIRO DA AUDIODESCRIÇÃO: Tania Zehetmeyr e Joice Fresingheli Tomaschewski	
NARRAÇÃO: Tania Zehetmeyr	REVISÃO DO ROTEIRO: Elton Vergara Nunes
DATA: 29/05/16	REVISADO PELO ALUNO RECEPTOR EM: 20/07/16
RECEPTOR	
Nome do aluno: Rubens	Idade: 18 anos
Tipo de DV: Cegueira adquirida	Sexo: (X) M () F
Momento de início da DV: Tinha baixa visão e progrediu para cegueira com descolamento da retina aos 8 anos de idade.	
Conhecimentos culturais: Aluno lê com ledor de tela, usa o DOSVOX para pesquisar. Conhecimentos gerais variados. Conhece um escorregador.	
Conhecimentos escolares: Tem os conhecimentos preliminares para responder o exercício. Sabe o que são ângulos, sua classificação e soma dos ângulos internos do triângulo.	
CONTEXTO DO USO	
Professor a usar imagem: Cláudia	
Escola: 07	Disciplina: Matemática
Ano: 8º ano	
Conteúdo a ser trabalhado: Ângulos internos de um triângulo	
Objetivo da imagem dentro do material a ser usado: Calcular a soma de medida dos ângulos internos de um triângulo.	
IMAGEM	
Aspectos relevantes da imagem (para alcançar o objetivo): O escorregador, o triângulo e os ângulos internos.	
Aspectos que ficarão fora da descrição: Descrição dos meninos	
IMAGEM A SER AUDIODESCRITA	DESCRIÇÃO DA IMAGEM
	<p>Desenho colorido retirado do livro didático: Tempo de Matemática de Miguel Assis Name. 8º ano. Editora Brasil. (p.166). De dois meninos brincando num escorregador.</p> <p>Fonte: Miguel Assis Name. Tempo de Matemática. 8º ano. Editora Brasil. (p.166)</p>


Fonte: Zehetmeyr, Filho e Vergara-Nunes (2016, p. 20-21).

ROTEIRO DA AUDIODESCRIÇÃO DIDÁTICA
<p>Desenho de dois meninos brincando num escorregador. A imagem aparece de lado, onde aparece um menino subindo a escada do brinquedo enquanto o outro escorrega pela rampa. A escada forma um ângulo de 45° com o solo, e a rampa de descida forma um ângulo de 35° com o solo. A escada, a rampa e o solo formam um triângulo. A figura mostra uma incógnita X para o ângulo formado pela rampa e a escada.</p> <p style="text-align: center;">Acesse a ADD no link: www.youtube.com/watch?v=n8-Zn6IG_cQ&feature=youtu.be</p>
ALTERNATIVAS
<p>Lembrando que a soma dos ângulos internos de um triângulo qualquer é de 180° e com base nos dados audiodescritos, do desenho, alternativa correta com o valor do ângulo desconhecido é:</p> <p>a) Um ângulo reto () b) Um ângulo obtuso de 100° (x) c) Um ângulo agudo de 80° () d) Um ângulo obtuso de 120° ()</p>

EXEMPLO 02 - ESPANHOL

ROTEIRO DA AUDIODESCRIÇÃO	
ROTEIRO DA AUDIODESCRIÇÃO: Leticia Lopes, Ângela Brum, Joice Fresingheli Tomaschewski e Tania Zehetmeyr.	
NARRAÇÃO: Leticia Lopes	REVISÃO DO ROTEIRO: Elton Vergara Nunes
DATA: 30/06/16	REVISADO PELO ALUNO RECEPTOR EM: 27/07/16
RECEPTOR	
Nome do aluno: Leandro	Idade: 17 anos
Tipo de DV: Cegueira adquirida	Sexo: (X) M () F
Momento de início da DV: Tinha baixa visão que foi progredindo para a cegueira. Aos 14 anos teve descolamento da retina.	
Conhecimentos culturais: Instrutor de informática. Autônomo para pesquisar na internet, assiste vídeo aulas, lê e escreve em braille. Conhece o ritual da dança da chuva.	
Conhecimentos escolares: Espanhol intermediário.	

Figura 7 – Exemplo de roteiro da audiodescrição didática

CONTEXTO DO USO	
Professor a usar imagem: Laura	
Escola: 05	Disciplina: Espanhol
Ano: 2º EM	
Conteúdo a ser trabalhado: Interpretação de texto	
Objetivo da imagem dentro do material a ser usado: Compreender o texto; Contextualizar o uso das tecnologias e outra cultura.	
IMAGEM	
Aspectos relevantes da imagem (para alcançar o objetivo): O índio, o movimento da dança, os turistas, guia e chocalho.	
Aspectos que ficarão fora da descrição: Vestimentas dos turistas e do índio, a oca e coqueiro.	
IMAGEM A SER AUDIODESCRITA	DESCRIÇÃO DA IMAGEM
	<p>Vinheta em espanhol sem título de Forges, retirado do Livro Síntesis 2 de Ivan Martin - Editora Ática, p.55.</p> <p>Com quatro personagens numa aldeia indígena.</p> <p>Fonte: Livro Síntesis 2, Ivan Martin - Editora Ática, p.55.</p>
ROTEIRO DA AUDIODESCRIÇÃO DIDÁTICA	
<p>A vinheta em preto e branco mostra, em um plano maior, uma aldeia indígena, no verão, com quatro pessoas, sendo dois turistas e um guia turístico, que se encontram lado a lado e de frente a um índio, que dança e segura um chocalho com longos fios em sua mão direita. Em cima de cada personagem, se encontram balões com as suas falas, escritas em espanhol: "¿Danza de la lluvia?". O guia responde à turista: "Eso era antes; ahora es para conseguir conectarse a internet.". Já o outro turista exclama: "Los tentáculos de la internet son insospechados.". E o índio completa o diálogo dizendo: "Salto; les daba así...".</p> <p style="text-align: center;">Acesse a ADD usando o link: https://youtu.be/aEo1-Lzjxjg</p>	

Fonte: Zehetmeyr, Filho e Vergara-Nunes (2016, p. 22-23).

ALTERNATIVAS
<p>A partir da análise da vinheta, podem ser inferidas as seguintes afirmações:</p> <p>() O turismo em massa conduz à perda de identidade cultural. () Certas tradições correm o risco de perder-se em função da globalização. () O progresso pode funcionar apenas como aliado dos indivíduos que vivem nas grandes cidades. (x) A internet possui grande alcance, visto que pode chegar aos lugares mais remotos. (x) A conexão à Internet, desde o ponto de vista material, pode ser algo realmente complicado. (x) As possibilidades de expansão da Internet são variadas e, às vezes, surpreendentes.</p>

Santos (2022) faz um paralelo que ilustra a descrição e a ADD de uma tabela na Figura 8 e um gráfico na Figura 9:

Figura 8 – Diversidade e Inclusão

Qual é a sua cor?	Qual sua identidade de gênero?	Qual sua orientação sexual?
Amarela (2,0%)	Mulher cisgênera ¹ (30,0%)	Heterossexual (88,0%)
Branca (61,0%)	Homem cisgênero ¹ (61,0%)	Homossexual (5,0%)
Indígena (1,0%)	Mulher transexual ² (0,0%)	Bissexual (4,0%)
Parda (20,0%)	Homem transexual ² (0,0%)	Pansexual (1,0%)
Preta (6,0%)	Não binário ³ (1,0%)	Assexual (0,0%)
Outra (1,0%)	Outro (1,0%)	Outro (0,0%)
Prefiro não me classificar (8,0%)	Prefiro não me classificar (2,0%)	Prefiro não me classificar (1,0%)
Prefiro não responder (1,0%)	Prefiro não responder (1,0%)	Prefiro não responder (1,0%)

Legenda: ¹Que se identifica com o sexo que lhe foi designado ao nascer; ²possui outra identidade de gênero, diferente da que lhe foi designada ao nascer e ³não definem sua identidade dentro do sistema binário homem mulher

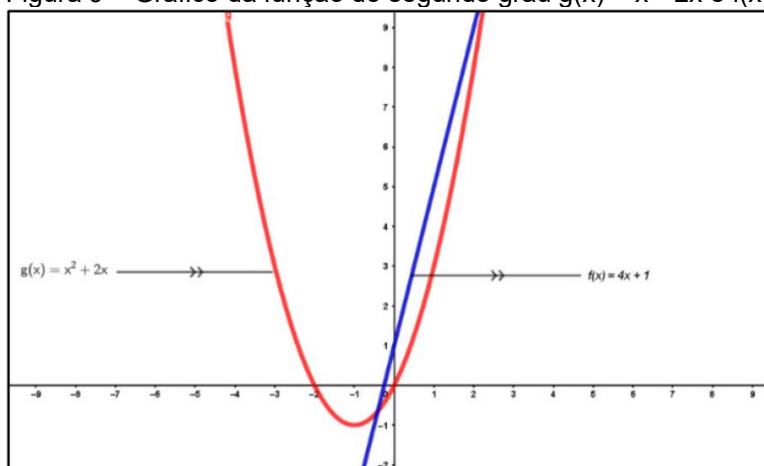
Fonte: Santos (2022, p. 45-46).

Descrição: Tabela com título “Diversidade e inclusão”, com 3 colunas e 9 linhas, elaborada a partir do relatório “Questionário Diversidade e Inclusão 2018” desenvolvido pela Sociedade Brasileira de Física. A primeira linha apresenta os títulos de cada coluna em forma de pergunta e as demais em tons azuis escuro e piscina, alternados, em forma de resposta. Logo abaixo, a legenda e a fonte.

Roteiro de audiodescrição didática: Tabela intitulada “Diversidade e inclusão” com 3 colunas e 9 linhas. A primeira linha em cor cinza traz os dados em forma de perguntas, centralizados, em negrito, respectivamente: “Qual é a sua cor?”; “Qual sua identidade de gênero?” e “Qual sua orientação sexual?”. As demais linhas em tons azuis escuro e piscina, alternados, apresentam dados referentes às respostas com suas respectivas porcentagens. Na primeira coluna os dados: Amarela (2,0%); Branca (61,0%); Indígena (1,0%); Parda (20,0%); Preta (6,0%); Outra (1,0%); Prefiro não me classificar (8,0%) e Prefiro não responder (1,0%). Na segunda coluna: Mulher cisgênera¹ (30,0%); Homem cisgênero¹ (61,0%); Mulher transexual² (0,0%); Homem transexual² (0,0%); Não binário³ (1,0%); Outro (1,0%); Prefiro não me classificar (2,0%) e Prefiro não responder (1,0%). Na terceira coluna: Heterossexual (88,0%); Homossexual (5,0%); Bissexual (4,0%); Pansexual (1,0%); Assexual (0,0%); Outro (0,0%); Prefiro não me classificar (1,0%) e Prefiro não responder (1,0%). Logo abaixo, legenda: 1 Que se identifica com o sexo que lhe foi designado ao nascer; 2 possui outra identidade de gênero, diferente da que lhe foi designada ao nascer e 3 não definem sua identidade dentro do sistema binário homem mulher e fonte: Elaborada a partir da Sociedade Brasileira de Física (2018) (Santos, 2022, p. 45–46).

Em relação a Figura 9 que apresenta uma construção dois gráficos, de uma função do segundo grau $g(x) = x^2 + 2x$ (em vermelho) e $f(x) = 4x + 1$ (em azul) realizada com o *software* GeoGebra¹⁰ no mesmo plano cartesiano.

Figura 9 – Gráfico da função do segundo grau $g(x) = x^2 + 2x$ e $f(x) = 4x + 1$



Fonte: Santos (2022, p. 46-47).

Descrição: Esboço dos gráficos das funções $f(x) = 4x + 1$ e $g(x) = x^2 + 2x$ construídos no software Geogebra e mostrado no mesmo plano cartesiano.

Roteiro de audiodescrição didática: Esboço dos gráficos das funções $f(x) = 4x + 1$ e $g(x) = x^2 + 2x$, construídos software Geogebra. A representação gráfica da função $f(x) = 4x + 1$ é apresentada no plano de coordenadas. O eixo horizontal denominado de eixo x, determinado de menos nove a nove sinalizado em escala de um. O eixo vertical denominado de eixo y está determinado de nove até menos dois em escala de um. O gráfico rotulado de f consiste em uma reta na cor azul. O gráfico começa com um segmento de linha no terceiro quadrante, sobe para a direita, cruza o eixo x, continua a subir no primeiro quadrante até atingir o ponto $(-0,25;0)$ e segue até atingir o ponto $(0;1)$ e continua a aumentar. No primeiro quadrante um segmento de reta na horizontal em cor preta com duas setas parte da reta azul, à esquerda desse segmento a expressão matemática: $f(x) = 4x + 1$. A representação gráfica da função $g(x) = x^2 + 2x$ é mostrada no mesmo plano cartesiano. O gráfico rotulado de g consiste em uma parábola em cor vermelho. O gráfico começa no segundo quadrante no canto superior esquerdo. Desce, cruza o eixo x no ponto $(-2,0)$ e continua a descer até o ponto mínimo $(-1,-1)$ no terceiro quadrante, gira e começa a subir, cruza o eixo x uma segunda vez na origem $(0,0)$ e no primeiro quadrante continua a subir. No segundo quadrante um segmento de reta na horizontal em cor preta com duas setas parte da parábola, à esquerda desse segmento a expressão matemática: $g(x) = x^2 + 2x$ (Santos, 2022, p. 46-47).

Vale esclarecer que na audiodescrição didática no que tange ao ensino da matemática do gráfico da Figura 9, a imagem não apresenta os pares ordenados que são as raízes da função do segundo grau e o ponto de mínimo

¹⁰ Disponível em: <https://www.geogebra.org>. Acesso em: 16 fev. 2025

que estão presentes na audiodescrição de Santos (2022). Nesse caso, seria melhor inserir os pontos com os pares ordenados que estão presentes na descrição de Santos (2022).

Dessa forma, a ADD apresenta-se como uma inovação metodológica que expande o alcance da aprendizagem de matemática a pessoas com deficiência visual. Ao adaptar e estruturar a audiodescrição para fins pedagógicos, assegura-se que os estudantes tenham acesso aos conteúdos, desenvolvendo habilidades conceituais, lógicas e criativas em condições de igualdade com os demais colegas. Aliada a materiais táteis, ao *braille* e a outra tecnologia assistiva, a ADD pode reforçar os princípios de inclusão e acessibilidade, favorecendo a formação de um ambiente educacional que valoriza a diversidade e promove o pleno desenvolvimento de todos.

3.3 Vigotski e a matemática para estudantes com deficiência visual

O ensino de matemática para estudantes com deficiência visual requer estratégias pedagógicas que possibilitem o acesso aos conceitos por meio de diversos canais sensoriais, não se restringindo à visão. Nesse contexto, as ideias de Vigotski (1896-1934) oferecem uma perspectiva que transcende a compreensão tradicional da deficiência como mero déficit, reconhecendo a importância da mediação cultural, da interação social e do uso de instrumentos e signos no processo de aprendizagem. A seguir, serão apresentadas as principais contribuições de Vigotski e de autores que dialogam com sua teoria, evidenciando caminhos para uma prática pedagógica inclusiva no ensino de números decimais, classes e ordens numéricas e operações básicas com uso de materiais manipuláveis.

Vigotski (2011) propõe uma compreensão dialética do desenvolvimento infantil, afirmando que, no caso de crianças com deficiência, há “caminhos indiretos” para o aprendizado, nos quais a cultura desempenha papel fundamental para compensar eventuais barreiras sensoriais ou cognitivas. O autor argumenta que o desenvolvimento não depende de um único canal sensorial, podendo ocorrer por meio de alternativas que mobilizam outras

capacidades do indivíduo. Tal perspectiva desloca o foco das limitações para as potencialidades, ressaltando que a mediação de instrumentos e signos culturais permite a construção do conhecimento mesmo diante de obstáculos aparentes.

Nessa linha de pensamento, a proposta da Audiodescrição Didática no ensino de matemática dialoga com a visão de Vigotski (2011) ao buscar potencializar a aprendizagem de estudantes com deficiência visual por meio do uso ampliado do tato e da audição. Se a cultura possibilita a construção de percursos alternativos quando o caminho direto está obstruído, faz-se necessário desenvolver recursos pedagógicos que reconfigurem o processo de ensino, de modo que os conceitos matemáticos sejam apreendidos não apenas pela visão, mas também por meio de descrições sonoras e materiais táteis. Desse modo, a utilização de objetos manipuláveis e de narrações estruturadas de elementos visuais pode promover um aprendizado acessível e significativo.

A visão histórico-cultural de Vigotski (1896-1934) sublinha que “as crianças (pessoas) com deficiência visual aprendem da forma semelhante às demais pessoas” Martins (2024, p. 17). Isso significa que a aprendizagem não acontece diretamente nos sentidos, mas nas funções mentais superiores. Embora o sentido da visão esteja comprometido, outros canais como o tato, a audição e o olfato, podem ser mobilizados como caminhos alternativos, desde que a mediação pedagógica seja planejada de forma a contemplar tais possibilidades (Martins, 2024). A esse respeito, Vergara-Nunes (2016) destaca que “o que distingue os alunos cegos dos demais é a forma de acesso às informações que rodeiam o ambiente escolar. Essas diferenças não ocorrem nas funções psicológicas superiores, onde acontece o processamento das informações, mas no nível sensorial” (Vergara-Nunes, 2016, p. 27)

É importante frisar que, como lembra Vergara-Nunes (2016), a deficiência visual não confere “superpoderes” aos outros sentidos. “A perda da visão não aguça os demais sentidos. Não há compensação biológica de um sentido com a perda de outro” Vergara-Nunes (2016, p. 158). O que ocorre, na verdade, é a busca por estratégias de adaptação que permitem ao indivíduo acessar informações de outras formas, sem que isso implique habilidades sobre-humanas. Assim, não se deve subestimar a capacidade de aprendizagem

desses estudantes, pois, como esclarece o autor, “as pessoas cegas não podem ser julgadas como incapazes ou limitadas para a aprendizagem” (Vergara-Nunes, 2016, p. 170). Vigotski (1997) reforça esse ponto ao afirmar que “a palavra/linguagem vence a cegueira”. Ou seja, o uso da linguagem, a mesma utilizada por normovisuais, viabiliza um diálogo fluido entre professores, colegas e o estudante com deficiência visual, permitindo a expressão autônoma do pensamento.

Desse modo, o grande desafio para a educação inclusiva não reside na deficiência em si, mas nas “barreiras externas” (Vergara-Nunes, 2016, p. 59), sejam elas arquitetônicas, comunicacionais ou de atitudes, que dificultam a interação social e a aprendizagem. Superar tais barreiras envolve repensar as estratégias pedagógicas, garantindo que a criança com deficiência visual tenha oportunidades de desenvolvimento em igualdade de condições com os demais estudantes. Além disso, conforme alerta Vigotski, para compreender o discurso da criança, não basta conhecer as suas palavras; é necessário compreender seu pensamento e suas motivações. Na sala de aula, isso se traduz em práticas que privilegiem a escuta atenta, o respeito ao tempo de resposta e a criação de contextos de interação em que as ideias do aluno possam emergir e ser valorizadas.

Nessa perspectiva, Silveira (2023) enfatiza que:

[...] baseando-se nos estudos de Vigotski, o professor deve considerar que boas práticas educativas passam por conhecer o potencial de aprendizagem de seus alunos, relacionar os conceitos escolares à conceitos do cotidiano, promover um ambiente de interação e colaboração e trabalhar com o desenvolvimento do pensamento abstrato, com atenção as relações entre a palavra e o pensamento verbal dos alunos (Silveira, 2023, p. 31).

A fala do estudante, contudo, pode demandar tempo para se organizar internamente, pois seu pensamento verbal requer a atribuição de significados ao que está sendo estudado. Por isso:

[...] o professor deve adequar suas perguntas de forma que elas sejam claras e instiguem reflexões e deve também buscar compreender o pensamento desenvolvido pelo estudante quando este compartilha suas ideias (Silveira, 2023, p. 98).

Outro aspecto fundamental do referencial vigotskiano é a noção de mediação por instrumentos e signos, considerada essencial para a constituição dos processos psicológicos superiores (Vigotski, 2011). Souza (2024) explica que:

Vygotsky procurou analisar a função mediadora dos instrumentos elaborados para a realização da atividade humana e os signos, denominado de instrumentos psicológicos superiores, que têm a função de auxiliar o indivíduo em suas atividades psíquicas, em que os instrumentos de mediação exercem um papel importante na constituição dos processos psicológicos superiores (Souza, 2024, p. 34).

No caso do ensino de matemática para estudantes com deficiência visual, os materiais manipuláveis, o uso de tecnologia assistiva e a adoção de descrições detalhadas constituem tais instrumentos, permitindo que conceitos matemáticos sejam assimilados de forma ativa e significativa.

Esses processos de mediação ocorrem, sobretudo, em um contexto de interação social. Souza (2024) ressalta que:

O processo de aprendizagem do indivíduo, mediado pela colaboração com outra pessoa, é fundamental [...] a interação com o outro desempenha um papel fundamental na construção da identidade psicológico individual (Souza, 2024, p. 35).

Essa colaboração abrange tanto o professor quanto os colegas de sala, constituindo um ambiente de trocas em que a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) pode ser efetivada.

A ZDP representa o espaço entre o que a criança consegue fazer sozinha (Nível de Desenvolvimento Real) e o que ela é capaz de realizar com a mediação de outro (Nível de Desenvolvimento Potencial). Segundo Nunes (2017), “o Nível de Desenvolvimento Real é aquele conhecimento que a criança já adquiriu [...]. O Nível de Desenvolvimento Potencial é aquele conhecimento que a criança tem a capacidade de aprender mediado por outra pessoa” (Nunes, 2020, p. 38). Para alunos com deficiência visual, trabalhar na ZDP implica oferecer recursos táteis, auditivos e práticas de interação que lhes permitam avançar em conceitos matemáticos cada vez mais complexos. A manipulação de materiais concretos, por exemplo, facilita a compreensão de números decimais e das classes e

ordens numéricas, pois possibilita experiências diretas que amparam a formação de representações mentais abstratas.

Em suma, ao adotar a perspectiva de Vigotski e de autores que dialogam com seu pensamento, confirma-se que a aprendizagem de estudantes com deficiência visual não se restringe nem se inviabiliza pela ausência da visão. Pelo contrário, as possibilidades de ensino multiplicam-se à medida que o professor reconhece a importância dos instrumentos e signos culturais, da colaboração e da interação social, bem como das adaptações que exploram os demais sentidos. Nesse contexto, a teoria vigotskiana fundamenta práticas pedagógicas mediadas, estruturadas no desenvolvimento do pensamento abstrato, na adequação das estratégias de ensino e na construção de um ambiente acolhedor, favorecendo a apropriação de conceitos matemáticos de forma mais inclusiva para os estudantes com deficiência, e em especial deficiência visual.

3.4 A Base Nacional Comum Curricular e a Matemática no Ensino Fundamental: Anos Iniciais e Anos Finais

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2018), documento normativo de caráter obrigatório para todos os sistemas e redes de ensino do país, estabelece as aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo da Educação Básica. No componente curricular de matemática, a BNCC organiza os conteúdos em cinco unidades temáticas: Números, Álgebra, Geometria, Grandezas e Medidas, e Probabilidade e Estatística. Dentre essas, a unidade temática Números ganha especial destaque nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental, por ser a base sobre a qual se estruturam diversas outras habilidades matemáticas, tais como: aproximação, proporcionalidade, equivalência, ordem, inclusão, correspondência biunívoca, dentre outras.

Segundo a BNCC (Brasil,2018), a unidade temática de Números:

[...] tem como finalidade desenvolver o pensamento numérico, que implica o conhecimento de maneiras de quantificar atributos de objetos e de julgar e interpretar argumentos baseados em quantidades. No processo da construção da noção de número, os alunos precisam desenvolver, entre outras, as ideias de aproximação,

proporcionalidade, equivalência e ordem, noções fundamentais da Matemática. Para essa construção, é importante propor, por meio de situações significativas, sucessivas ampliações dos campos numéricos. No estudo desses campos numéricos, devem ser enfatizados registros, usos, significados e operações (Brasil, 2018, p. 268).

Dessa forma, é possível afirmar que o ensino de números nos Anos Iniciais deve ir além da simples memorização de sequências ou algoritmos operatórios, exigindo práticas pedagógicas contextualizadas e acessíveis, que favoreçam a compreensão profunda dos conceitos e a mobilização de estratégias variadas de resolução de problemas. Com relação ao Ensino Fundamental - Anos Finais a BNCC (2018) traz como expectativa aos alunos “resolvam problemas com números naturais, inteiros e racionais, envolvendo as operações fundamentais, com seus diferentes significados, e utilizando estratégias diversas, com compreensão dos processos neles envolvidos” (Brasil, 2018, p. 269).

A proposta desta dissertação, ao desenvolver, validar e aplicar um produto educacional acessível, o *BrailleOperMat* se alinha diretamente às diretrizes da BNCC ao oferecer aos estudantes com deficiência visual a oportunidade de acessar, por meio de recursos manipuláveis e da audiodescrição didática, as mesmas experiências matemáticas exigidas aos demais alunos. Trata-se, portanto, de uma iniciativa que busca garantir a equidade no acesso às aprendizagens essenciais, respeitando os princípios da educação inclusiva. Esclarecer que as atividades foram construídas na unidade temática de números e aplicadas no contexto dos números naturais, com a identificação e compreensão do Sistema de Numeração Decimal (SND), das ordens, classes, valor posicional e das operações de adição, subtração e multiplicação. Nesse contexto, a BNCC (2018) enfatiza ainda que:

No Ensino Fundamental – Anos Iniciais, a expectativa em relação a essa temática é que os alunos resolvam problemas com números naturais e números racionais cuja representação decimal é finita, envolvendo diferentes significados das operações, argumentem e justifiquem os procedimentos utilizados para a resolução e avaliem a plausibilidade dos resultados encontrados. [...] Espera-se também o desenvolvimento de habilidades no que se refere à leitura, escrita e ordenação de números naturais e números racionais por meio da identificação e compreensão de características do sistema de numeração decimal, sobretudo o valor posicional dos algarismos (Brasil, 2018, p. 268–269).

Desse modo, o *BrailleOperMat* propicia a mediação pedagógica necessária para que estudantes cegos ou com baixa visão possam manipular, compreender e construir significados para os números naturais e suas operações (adição, subtração e multiplicação). O material, ao permitir a associação entre representação tátil em *braille*, estruturas concretas e linguagem oral via audiodescrição, contribui para o desenvolvimento do valor posicional dos algarismos, da ordem numérica e da compreensão do Sistema de Numeração Decimal, pontos centrais dessa unidade temática.

Francisco (2021) evidencia como materiais sensoriais, quando desenvolvidos com intencionalidade pedagógica e baseados nas competências da BNCC, podem favorecer a aprendizagem de crianças com deficiência visual desde a Educação Infantil, destacando os benefícios da multissensorialidade para o ensino de matemática. Já Araújo (2022) propõe o uso de tecnologia assistiva aliadas à resolução de problemas matemáticos nos Anos Iniciais, destacando que tais recursos devem estar alinhados às competências e habilidades prescritas na BNCC.

Entretanto, a articulação entre os fundamentos da BNCC e a proposta desta pesquisa reforça o compromisso com uma educação de qualidade, equitativa e inclusiva. Ao integrar um produto educacional manipulável e acessível ao ensino da unidade temática “Números”, esta pesquisa busca responder às demandas legais e pedagógicas do currículo nacional, assegurando que estudantes com deficiência visual também possam desenvolver plenamente seu pensamento matemático. Para aprofundar o trabalho com as múltiplas facetas do número e com a literacia numérica, também chamada de numeracia, apoiamo-nos em (Centurión, 2006; Dante e Viana, 2021; Guelli, 2006; Lorenzato, 2017; Toledo e Toledo, 1997).

Na perspectiva de Dante e Viana (2021, p. 6), literacia numérica “refere-se ao conjunto de habilidades matemáticas que permite resolver problemas da vida cotidiana e lidar com informações matemáticas”. Em português, convencionou-se o termo numeracia. Trata-se de um repertório que não se limita a contar, pois envolve compreensão, análise e tomada de decisão diante das demandas do cotidiano.

Dessa forma, o BrailleOperMat concretiza as orientações da BNCC para o ensino de Números ao promover experiências multissensoriais, contextualizadas e equânimes, fortalecendo a numeracia de estudantes deficiência visual e normovisual, ampliando as oportunidades de aprendizagem com foco no Sistema de Numeração Decimal e em suas operações.

Por fim, segundo Lorenzato (2017), o número natural admitiu múltiplas facetas de representação porque cumpriu funções distintas no cotidiano e na escola: localizador (endereço, latitude, distância), identificador (datas, telefones, automóveis, nas camisas dos jogadores, senhas, CPF), ordenador (andar do apartamento, a posição obtida numa competição), quantificador (velocidade, consumo, remuneração, altura), resultado de cálculo (resultado de operações) e medida (resultado de mensuração). E sua aprendizagem envolveu correspondência um a um, cardinalidade, ordinalidade, contagem seriada ou por agrupamentos e composição/decomposição.

Centurión (2006), corrobora que o número natural como conceito multifacetado que articulou usos cardinais (quanto tem), ordinais (posição/ordem), códigos/identificadores, medidas e resultados de operações, defendeu o trânsito entre registros (marcas, desenhos, ícones e símbolos), valorizou situações-problema que exigiram contagem controlada, agrupamentos na base dez e leitura/escrita posicional. Em alinhamento à orientação de não iniciar pelo zero proposta por Lorenzato (2017), apresentou-se o zero como guardador de lugar no sistema de numeração decimal (sistema posicional base 10). Esses princípios foram operacionalizados no BrailleOperMat, que combinou representação tátil, registros em *braille* e em tinta, audiodescrição didática e organização por ordens e classes, sustentando a construção do sentido numérico e o domínio do valor posicional.

Para Centurión (2006, p. 19), a ideia de número surgiu da necessidade de realizar contagens e dar correspondência uma a um entre, o homem e animais. Ainda remete que a numeração é o “processo utilizado para representar quantidades. É o ato de utilizar símbolos para representar os números”. Destaca que “a quantidade de elementos de uma coleção da ideia de número”. Já

numeral “é cada uma das formas de representar um número, que pode ser expresso por meio de símbolos:” figuras (5, ||||, V) e palavras (cinco, five, cinq).

Portanto, “número” não é um único significado, mas um campo conceitual que envolve funções diversas, múltiplas representações e um percurso didático que vai das ações e contagens apoiadas em materiais/manipulações até a notação posicional e as operações formais (Centurión, 2006; Lorenzato, 2017).

3.5 A impressão 3D como estratégia de acessibilidade e mediação didática para estudantes com deficiência visual

Com o advento da tecnologia de impressão 3D, a modelagem tridimensional expandiu-se significativamente em diversas áreas, inclusive a educacional onde “se tornou uma ferramenta poderosa” (Farias, 2023, p. 47). Tal expansão dialoga com a premissa de que a produção de objetos físicos, criada camada a camada por manufatura aditiva, viabiliza a materialização de estruturas antes restritas ao plano bidimensional (Simões, 2023, p. 90). No campo da acessibilidade, essa possibilidade adquire relevância singular, pois converte informações visualmente codificadas em representações táteis que estudantes cegos podem explorar de forma autônoma, abrindo caminho para práticas pedagógicas que respeitem múltiplas vias sensoriais.

Nessa investigação, a impressão 3D foi adotada como eixo tecnológico para conceber o *BrailleOperMat*, artefato manipulável destinado ao ensino do Sistema de Numeração Decimal e das operações básicas. Cada peça foi modelada digitalmente segundo princípios de ergonomia tátil, inteligibilidade funcional e acessibilidade comunicacional, preservando proporções adequadas à legibilidade do *braille*. A produção considerou, ainda, recomendações de qualidade mecânica e durabilidade, que classifica a impressora 3D como “uma ferramenta para produção de tecnologia assistiva” capaz de promover personalização e inclusão (Simões, 2023, p. 88).

Do ponto de vista pedagógico, estudos recentes indicam que a prototipagem digital potencializa a superação de barreiras de aprendizagem enfrentadas por estudantes com deficiência visual, ao “permitir a produção

rápida e personalizada de objetos tridimensionais” que se ajustam às necessidades individuais (Ferry; Farias, 2024, p. 17). (Simões, 2023) acrescenta que a dimensão tátil desses recursos amplia a mediação docente ao tornar concretos conteúdos tradicionalmente abstratos.

A concepção do *BrailleOperMat* integra princípios vigotskianos de mediação cultural. Ao considerar o artefato como instrumento semiótico, a proposta amplia a Zona de Desenvolvimento Proximal, visto que “o aprendizado adequadamente organizado resulta em desenvolvimento mental e põe em movimento vários processos de desenvolvimento que, de outra forma, seriam impossíveis” (Vigotski, 2007, p. 103). Dessa maneira, a intervenção não apenas facilita a aquisição de habilidades matemáticas, mas também fortalece funções psicológicas superiores, como memória de trabalho e pensamento lógico, essenciais para a autonomia acadêmica de estudantes com deficiência visual.

A incorporação da impressão 3D à prática docente, pode, configura-se como ação transformadora que democratiza a produção de recursos didáticos, possibilita ajustes finos conforme o perfil sensorial dos estudantes e legitima a participação ativa na construção do conhecimento. No ensino de matemática, tal abordagem promove uma mediação centrada na experiência concreta e no protagonismo discente, contribuindo para a aprendizagem significativa (Altino Filho; Alves, 2019; Farias; Vaz, 2023). Ao reafirmar o direito de todos ao acesso pleno ao saber matemático, a presente pesquisa evidencia que a tecnologia, quando orientada por princípios humanizantes, pode deixar de ser mero aparato mecânico para tornar-se catalisadora de inclusão e equidade.

3.6 O NAI/UFAC e o CAP-AC na promoção da educação inclusiva

A efetivação da inclusão de estudantes com deficiência visual no Acre, da educação básica ao ensino superior, depende de uma rede de apoio institucional que assegure acessibilidade, equidade e condições reais de aprendizagem. Nesse cenário, o Núcleo de Apoio à Inclusão da Universidade Federal do Acre (NAI/UFAC) e o Centro de Apoio Pedagógico para Atendimento

às Pessoas com Deficiência Visual do Acre (CAP-AC) constituem pilares complementares na construção de políticas e práticas inclusivas no estado.

Criado em 2008 pela Resolução n.º 14/2008, o NAI/UFAC surgiu em resposta ao aumento do número de discentes com deficiência que ingressavam na universidade desde o fim da década de 1990 (Bandeira, 2015). Importa sublinhar, como registram Bezerra e Martins (2013), que, no ato de sua criação, o NAI foi pensado e vinculado às Pró-Reitorias de Extensão e Cultura (PROEX) e de Graduação (PROGRAD), com a missão de promover a acessibilidade e oferecer suporte didático-pedagógico a estudantes com necessidades educacionais especiais. Essa vinculação inicial refletia uma concepção de inclusão estreitamente associada à extensão universitária e à formação docente.

Com o amadurecimento das políticas institucionais voltadas à permanência estudantil, houve um processo de reestruturação administrativa que culminou na integração do NAI à Pró-Reitoria de Assuntos Estudantis (PROAES). Conforme a Resolução nº 50, de 19 de setembro de 2013, do Conselho Universitário da Universidade Federal do Acre (UFAC), o Núcleo de Apoio à Inclusão (NAI) passou a integrar oficialmente a estrutura da PROAES, consolidando sua atuação institucional no âmbito das políticas de assistência e inclusão estudantil (UFAC, 2013).

Atualmente vinculado à PROAES, o NAI/UFAC organiza-se como instância de assessoramento técnico-pedagógico, mediando as demandas de estudantes e servidores com deficiência junto aos diversos setores da instituição. Segundo Bezerra e Martins (2013), é a instância responsável por promover a política de inclusão na universidade, ofertando suporte técnico e didático-pedagógico e atuando na remoção de barreiras físicas, comunicacionais e didáticas. Para cumprir esse propósito, o núcleo implantou políticas e rotinas de acessibilidade (atendimento individualizado, adaptação de materiais e avaliações, orientação a docentes, monitoria para baixa visão), contratou especialistas (*braille*, orientação e mobilidade, Soroban) e aparelhou-se com tecnologia assistiva (impressora *braille*, softwares leitores de tela, Braille Fácil, máquina Perkins, recursos ópticos e não ópticos), além de orientar professores

na adaptação de materiais, iniciativas alinhadas ao desenho universal para a aprendizagem.

O NAI/UFAC estrutura-se em frentes de trabalho que abrangem (Bandeira, 2015):

- Acompanhamento acadêmico individualizado – adaptação de avaliações, empréstimo de tecnologias assistivas e tutoria especializada;
- Formação continuada – oficinas sobre recursos táteis, softwares leitores de tela e desenho universal para aprendizagem, destinadas a professores e técnicos;
- Articulação intersetorial – diálogo sistemático com departamentos, bibliotecas e coordenações de curso para minimizar barreiras pedagógicas e atitudinais.

O CEADV/CAP-AC, por sua vez, iniciou suas atividades em 1995 como Centro Estadual de Atendimento ao Deficiente Visual (CEADV) e, em 2000, foi oficialmente reestruturado com a nomenclatura atual. Vinculado à Secretaria de Educação do Estado do Acre, o centro tornou-se referência regional na produção de materiais acessíveis, formação docente e suporte às Salas de Recursos Multifuncionais (SRM) (Nunes, 2020). Complementarmente, o CAP-AC opera em três núcleos (Bandeira, 2015):

- Núcleo de Produção Braille – transcrição de textos para *braille*, impressão ampliada e confecção de materiais táteis;
- Núcleo de Informática – manutenção de equipamentos e treinamento em softwares como Dosvox e NVDA;
- Núcleo de Capacitação – cursos iniciais e avançados sobre ensino do *braille*, uso de Sorobã, reglete e tecnologias digitais.

A interface entre essas estruturas potencializa o atendimento educacional especializado ao longo das diferentes etapas da escolarização, criando um fluxo contínuo de serviços que acompanha o estudante desde a educação básica até a pós-graduação.

Diversas dissertações do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática (MPECIM/UFAC) apontam o impacto desses órgãos. Silva (2024) credita ao NAI o suporte logístico que viabilizou a coleta de dados com alunos cegos, enquanto Arruda (2017) evidencia a mediação do núcleo para a adequação de instrumentos de avaliação. Santos (2024) descreve o NAI como instituição similar ao NAPNE/UFAC, sublinhando sua função estratégica na política institucional de inclusão. No âmbito do CAP-AC, destaca-se a oferta de materiais adaptados que subsidiaram intervenções didáticas em matemática; Vilela (2023) acrescenta que o centro passou a influenciar diretamente a formulação de políticas públicas ao promover eventos de sensibilização e oficinas em parceria com as redes municipal e estadual.

Quanto à cooperação entre NAI/UFAC e CAP-AC, Santos (2021) relata a importância das vivências formativas no CAP-AC para a compreensão da educação especial no estado, e Nunes (2017) destaca que a articulação entre as instituições tem sido determinante para superar barreiras estruturais e atitudinais. Na prática, o CAP-AC fornece ao NAI materiais transcritos, orientação em *braille* e apoio na capacitação de monitores; o NAI, por sua vez, devolve à rede básica os conhecimentos produzidos na universidade por meio de estágios, pesquisas e programas de extensão, criando um ciclo de retroalimentação de práticas inclusivas.

Os resultados dessa sinergia refletem-se nos indicadores de acesso e permanência: entre 2008 e 2012, o número de estudantes com deficiência na UFAC saltou de 13 para 81, dos quais 20 apresentavam deficiência visual (Bandeira, 2015). Embora esses números revelem desafios crescentes, também atestam o avanço das políticas de inclusão, sustentado pela atuação conjunta dos dois centros.

Apesar dos avanços, permanecem desafios como a atualização constante do parque tecnológico, a ampliação do quadro profissional especializado e a consolidação de políticas de acessibilidade digital em ambientes virtuais de aprendizagem. A experiência acumulada pelo NAI/UFAC e pelo CAP-AC oferece base sólida para o fortalecimento dessas agendas, indicando que a continuidade

das ações articuladas é condição imprescindível para uma educação superior verdadeiramente inclusiva.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

A presente seção apresenta o caminho metodológico, com a natureza da pesquisa, ao destacar o tipo de pesquisa, os instrumentos de coleta de dados, contexto e participantes, ética da pesquisa, intervenções com o uso do BrailleOperMat no NAI/Ufac e no CAP-AC (aplicações as pessoas cegas), acompanhamento com apoio pedagógico dos professores especialistas e validação do produto educacional em diferentes contextos.

4.1 Natureza da pesquisa

Adotou-se a abordagem qualitativa, do tipo estudo de caso, cujo objetivo foi investigar de que forma o uso do material manipulável BrailleOperMat, somado à audiodescrição didática, podem minimizar as barreiras e ampliar as possibilidades de aprendizagem do Sistema de Numeração Decimal e operações matemáticas a estudantes com deficiência visual.

Segundo Goldenberg (2011), a principal preocupação da pesquisa qualitativa está no aprofundamento da compreensão de um grupo social, e não na representatividade numérica. Triviños (1987) reforçou essa concepção ao destacar que essa abordagem privilegia uma leitura interpretativa da realidade, conduzida por um pesquisador que atuou como instrumento central do processo investigativo.

Nessa perspectiva, a presente investigação operou como estudo de caso qualitativo: delimitou a unidade de análise ao processo de concepção, aplicação e ajuste do BrailleOperMat; considerou os participantes Lua, Sol e Estrela em seus contextos de aprendizagem; e integrou múltiplas fontes de evidência (transcrições, diário de campo, registros audiovisuais e artefatos produzidos), buscando descrição do fenômeno e privilegiando a interpretação situada. Em consonância com esse enquadramento, assumiu-se que:

O estudo de caso não é uma técnica específica, mas uma análise holística, a mais completa possível, que considera a unidade social estudada como um todo, seja um indivíduo, uma família, uma instituição ou uma comunidade, com o objetivo de compreendê-los em seus próprios termos (Goldenberg, 2011, p. 28).

Nesse marco, o pesquisador atuou como instrumento central na mediação das sessões e na construção dos significados emergentes, respeitou os procedimentos éticos de consentimento e visou à transferibilidade dos achados, e não à representatividade estatística, coadunando-se com as indicações de Goldenberg (2011) e Triviños (1987) para estudos qualitativos em educação.

Os instrumentos de coleta de dados adotados foram: entrevista semiestruturada, observação participante e diário de campo do pesquisador. A entrevista semiestruturada justificou-se por sua flexibilidade e por orientar o diálogo com base em objetivos definidos, combinando direcionamento teórico com abertura a questões emergentes. Como registra Triviños:

Podemos entender por entrevista semi-estruturada, em geral, aquela que parte de certos questionamentos básicos, apoiados em teorias e hipóteses, que interessam à pesquisa, e que, em seguida, oferecem amplo campo de interrogativas, fruto de novas hipóteses que vão surgindo à medida que se recebem as respostas do informante (Triviños, 1987, p. 146).

A observação constituiu um recurso central para aproximação à realidade estudada e compreensão de sua complexidade. Conforme Gil (2010, p. 121), a observação participante “consiste na participação real do pesquisador na vida da comunidade, da organização ou do grupo em que é realizada a pesquisa. O observador assume, pelo menos até certo ponto, o papel de membro do grupo”.

Por sua vez, o diário de campo configurou-se como documento individual do pesquisador: para Triviños (1987), as anotações nele registradas ao longo da pesquisa ou nos momentos de intervenção abrangeram o desenvolvimento da coleta e da análise das informações, constituindo espaço para observações, reflexões e comentários do pesquisador. Utilizaram-se também registros audiovisuais (fotos e vídeos capturados com smartphone), que complementaram o diário e sustentaram a triangulação dos dados, a fim de aprofundar a compreensão dos fenômenos observados.

4.2 Contexto e participantes

O estudo foi desenvolvido junto a três pessoas com deficiência visual (cegos), dois deles cegos congênitos (nomeados de Lua e Sol) e um, com cegueira adquirida aos 17 anos (nomeada por Estrela). Dois deles, atendidos

pelo Núcleo de Apoio à Inclusão da Universidade Federal do Acre (NAI/UFAC) e um deles funcionário do Centro de Apoio Pedagógico para Atendimento às Pessoas com Deficiência Visual do Acre (CAP-AC). As intervenções ocorreram no NAI/UFAC e no CAP-AC. A escolha desses espaços justifica-se pela expertise institucional no atendimento a pessoas com deficiência visual e pelo envolvimento com práticas inclusivas e formativas no contexto educacional.

Na continuidade apresentamos o perfil dos participantes cegos e dos professores especialistas.

Lua: cega congênita aos 3 anos, alfabetizada em *braille* e formada em Pedagogia pela UFAC no ano de 2023. Prefere para a sua aprendizagem matemática recursos táteis e escrita *braille*, pois encontra-se com perda auditiva.

Estrela: cegueira adquirida aos 17 anos, formada em Pedagogia pela UFAC no ano de 2023 e mestranda do Programa Profissional em Ensino de Ciências e Matemática da UFAC, turma de 2024. Prefere para a sua aprendizagem recursos em áudio, materiais digitais editáveis com textos alternativos. Não foi alfabetizada em *braille*, sabe reconhecer os pontos em *braille*, no entanto não tem a sensibilidade tátil para a prática de leitura.

Sol: cego congênito, alfabetizado em *braille* e graduado em Administração pela Faculdade da Amazônia Ocidental (FAAL) no ano de 2014. Especialização em perícia, auditoria e controladoria (2013 a 2015), segunda graduação em história. Com mestrado em educação pela Fundação Universidade Iberoamericana (FUNIBER). Atualmente é Servidor Público Federal do Instituto Federal do Acre (IFAC) como revisor de textos em *braille* e professor Brailista no CAP-AC.

As intervenções pedagógicas contaram com o acompanhamento de três professores especialistas (nomeados E1, E2 e E3) na área de educação inclusiva. Dois deles revisores de textos *braille* (E1 do Núcleo de Apoio a Inclusão - NAI/UFAC - doutorando do Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de Ciências e Matemática – RedECIM/Polos Ufac; E2 do CAP-AC, mestre pelo MPECIM/UFAC) e E3 é especialista em audiodescrição (NAI/Ufac) e doutoranda do Programa de Pós-Graduação Profissional em Ensino de

Ciências e Matemática – RedECIM/Polo Ufac e Doutorado em Biodiversidade e biotecnologia – Rede Bionorte. Os professores especialistas E1, E2 e E3 atuaram como consultores, observadores e colaboradores no processo de intervenção e avaliação do BrailleOperMat nos diferentes contextos: No NAI/Ufac, no CAP-AC, no Curso de Licenciatura em Matemática da UFAC, nos municípios de Rio Branco e no XV - Encontro Nacional de Educação Matemática (ENEM), em Manaus-AM. A docente orientadora, juntamente com o pesquisador fizeram a intervenção no município de Jordão na disciplina de Tecnologias da Informação e Comunicação no Ensino de Matemática I, na mostra de materiais manipuláveis inclusivos realizada no pátio da Escola e apresentada a comunidade local.

4.3 Ética da Pesquisa

Todos os procedimentos de pesquisa foram conduzidos em conformidade com os princípios éticos da pesquisa com seres humanos, assegurando termo de consentimento livre e esclarecido dos participantes (TCLE – Anexo A). As identidades das pessoas cegas foram preservadas, sendo adotados pseudônimos nos registros (Lua, Estrela e Sol) e dos professores especialistas (E1, E2, E3) e na apresentação dos dados, garantindo o sigilo e a confidencialidade das informações.

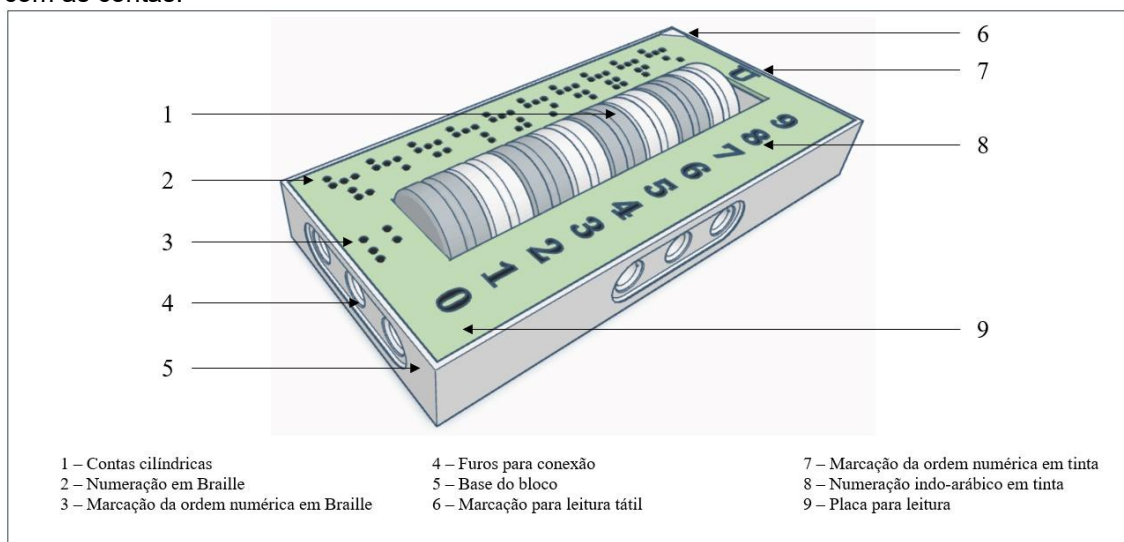
4.4 Planejamento das Intervenções com o uso do BrailleOperMat

O planejamento das atividades foi orientado pelos objetivos da pesquisa e fundamentado na BNCC, que prevê, na unidade temática de números, o desenvolvimento do pensamento numérico, a compreensão do sistema de numeração decimal e a realização de operações aritméticas de adição, subtração e multiplicação. A partir disso, foram elaboradas atividades, com foco na manipulação dos blocos táteis do BrailleOperMat e na audiodescrição didática como recurso complementar.

As atividades foram estruturadas de modo progressivo, contemplando:

- Conhecer o recurso BrailleOperMat, seus elementos: módulo, fendas, contas cilíndricas; escrita em *braille* dos numerais na vertical a esquerda da fenda e na parte inferior a ordem nos módulos correspondentes. Em tinta na parte superior o nome da classe numérica, e ao lado direito da fenda os números em indo-arábico de zero a nove de baixo para cima, conforme a Figura 10;

Figura 10 – Módulo do *BrailleOperMat* representando a ordem das unidades simples, configurado com as contas.



Fonte: Ferreira, Bandeira, Arruda, Nunes e Vidal (2025, p. 2)

- Identificar e associar números representados em *braille* com as contas cilíndricas e, para os normovisuais a escrita do numeral indo arábico;
- Compor e decompor números naturais;
- Representar a notação posicional dos números (unidades, dezenas, centenas), ordens e classes numéricas;
- Realizar as operações de adição, subtração e multiplicação com apoio dos blocos do BrailleOperMat e problemas do cotidiano;
- Utilizar a audiodescrição didática para verbalizar e guiar cada etapa da atividade.

4.5 Intervenções com o BrailleOperMat

As intervenções ocorreram em sessões individuais, com duração média de 50 a 60 minutos, realizadas em espaços acessíveis dos núcleos parceiros

(NAI/UFAC e CAP-AC), com a participação de três pessoas cegas identificadas como Lua, Estrela e Sol. As sessões foram acompanhadas pela professora orientadora e professores especialistas (E1, E2, E3). Na sessão individual o participante manipulou os blocos do *BrailleOperMat*, reconhecendo seus elementos de acordo com a Figura 10. A audiodescrição didática integrou-se às atividades por meio de roteiros previamente elaborados, com linguagem clara e pedagógica, garantindo instruções acessíveis e acompanhamento do raciocínio do participante.

Adotou-se um protocolo comum: apresentação das peças e de seus marcadores táteis, reconhecimento das ordens e classes numéricas, manipulação das contas até o limite 0–9 em cada fenda e introdução gradual do reagrupamento posicional. O papel do pesquisador consistiu em organizar as atividades em colaboração com a orientadora, assegurar a acessibilidade comunicacional e registrar as respostas; o das pessoas cegas consistiu em manipular o material, verbalizar raciocínios e justificar procedimentos; o dos especialistas foram contribuir com a adequação didática equitativa a pessoa cega.

As sessões foram registradas em áudio e vídeo, com consentimento autorizado, e complementadas por anotações em diário de campo e entrevistas semiestruturadas. A coleta contemplou indicadores de usabilidade, compreensão conceitual e fluência operatória, bem como sugestões espontâneas de melhoria de design, subsidiando as análises posteriores.

O procedimento adotado seguiu etapas sucessivas e mediadas por audiodescrição didática. Iniciou-se pela audiodescrição do pesquisador e orientadora, na continuidade as pessoas cegas realizaram a exploração tátil livre das peças e leitura das inscrições em *braille* no *BrailleOperMat*. Em seguida, identificaram em cada módulo as ordens (Unidade, Dezena, Centena) e suas conexões para formar classes numéricas. Observa-se que, para as intervenções trabalhou-se com duas classes numéricas (classe das unidades simples e classe dos milhares), totalizando seis módulos.

Os participantes reconheceram, no módulo, a fenda de contagem, a numeração em *braille* posicionada à esquerda e, na parte inferior, a indicação da ordem numérica também em *braille*. Trabalhou-se com as contas cilíndricas na contagem de um a nove em cada fenda. Identificaram a escrita do zero em *braille* e compreenderam seu papel de guarda de posição no Sistema de Numeração Decimal. No sistema de troca posicional do primeiro módulo, correspondente à ordem das unidades simples (U), para o segundo módulo, referente à ordem das dezenas simples (D), e assim sucessivamente, observou-se por meio do tato que cada fenda comporta no máximo nove contas, sendo que cada conta posicionada de baixo para cima (ordem crescente – conceito de ordenação), faz correspondência com a numeração em *braille* a esquerda (para as pessoas cegas) e a direita da fenda utilizou-se os numerais de 0 a 9 (para os normovisuais).

Os participantes identificaram, com o tato, a existência de múltiplos modos de reconhecimento do número. A leitura da escrita em *braille* posicionada à esquerda de cada conta cilíndrica funcionou como referência simbólica estável, enquanto a contagem das contas cilíndricas, organizada de baixo para cima, possibilitou a correspondência termo a termo entre quantidade manipulada e numeral lido (de forma dinâmica). A combinação dessas duas vias favoreceu a compreensão do valor posicional das representações numéricas e contribuiu para a detecção e correção de erros durante a execução dos procedimentos.

Cada sessão de aplicação envolveu:

- Apresentação do protótipo: exploração livre do BrailleOperMat, reconhecimento das partes, mecanismos de encaixe, representação posicional e sistema *braille* embutido nos módulos;
- Tarefas guiadas: atividades com foco em formação e leitura de números, posicionamento correto dos módulos, execução de adição e subtração e reconhecimento de padrões de agrupamento;
- Integração com audiodescrição didática: uso de roteiros pedagógicos previamente desenvolvidos, permitindo o acompanhamento verbal das orientações e do raciocínio proposto em cada tarefa.

Durante a aplicação, utilizaram-se instrumentos de avaliação qualitativa:

- Registro audiovisual das sessões, com consentimento;
- Diário de campo do pesquisador, com observações sobre autonomia, dificuldades e sugestões dos estudantes;
- Entrevistas semiestruturadas pós-aplicação com os estudantes, acerca de clareza, funcionalidade e utilidade do material;
- Entrevistas com especialistas, focalizando viabilidade pedagógica e adequação ao contexto escolar.

As primeiras aplicações evidenciaram ganhos: os estudantes compreenderam progressivamente as estruturas numéricas e valorizaram a possibilidade de manipular fisicamente conceitos matemáticos. O *braille* em relevo, aliado aos encaixes intuitivos e ao suporte da audiodescrição, favoreceu o engajamento e facilitou a aprendizagem. Também se observaram pontos de melhoria:

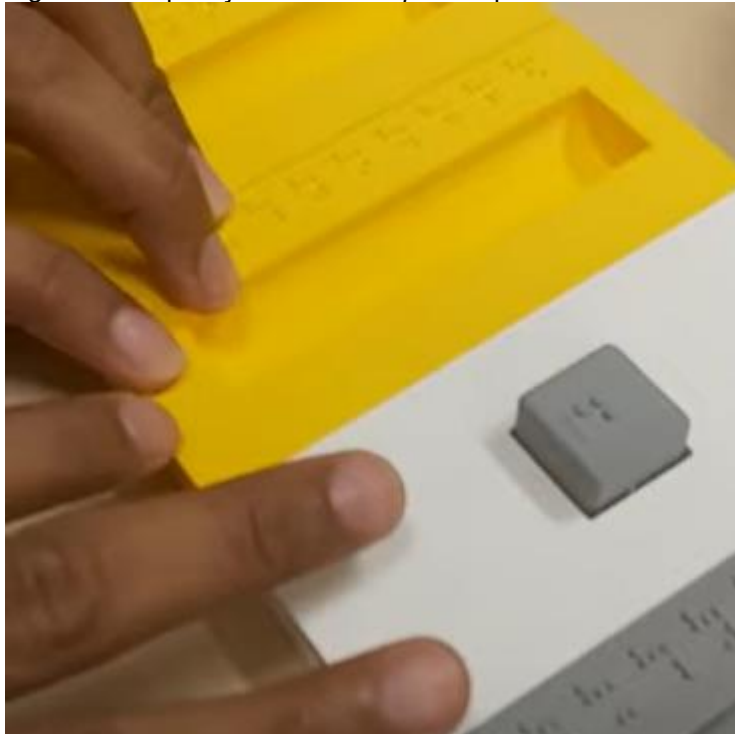
- Ajustes dimensionais dos módulos para maior ergonomia;
- Aperfeiçoamento dos roteiros de audiodescrição quanto à clareza e concisão;
- Ampliação do repertório de atividades.

As atividades abrangeram leitura dos marcadores em *braille*, reconhecimento de ordens e classes, contagem até o limite da fenda (até 9 contas cilíndricas conforme a notação posicional), (re)agrupamento a cada dez, composição e decomposição de números e, quando for realizar as operações de adição, subtração e multiplicação, terá a introdução do bloco do operador (+, -, x) com a escrita em *braille*. As evidências permitiram observar usabilidade, compreensão do SND e pontos de melhoria do protótipo.

4.5.1 Intervenção da participante Lua

No caso da participante Lua, priorizou-se a legibilidade tátil e leitura em *braille* (na Figura 11). A mesma identificou marcadores de ordem e numerais, em *braille* percorreu a coluna de 0 a 9 e manipulou as contas cilíndricas até o limite da fenda, aceitando a troca para a dezena quando ultrapassou nove contas cilíndricas. Durante a leitura, apontou aproximação excessiva entre o sinal de maiúsculo na identificação das ordens numéricas (especialmente U), fato que induziu confusões pontuais (por exemplo, interpretação de “U” como “X”). Esse feedback orientou ajustes necessários de espaçamento entre celas, reposicionamento de iniciais das ordens e uniformização do topo esférico dos pontos *braille*. A partir dessas observações, o protótipo evoluiu para uma escrita *braille* mais limpa e estável ao tato, com melhorias que foram incorporadas às versões seguintes. Ao final da intervenção associou o *BrailleOperMat* ao soroban.

Figura 11 – Aplicação do *BrailleOperMat* para a estudante LUA



Fonte: Acervo do autor, 2025.

4.5.2 Intervenção do participante Sol

Com o participante Sol, o foco recaiu sobre o valor posicional e o reagrupamento materializado pelo bloco do “vai um”. Ele manipulou unidades, dezenas e centenas, analisou o papel do zero como marcador posicional e

executou adições com transporte. Ao somar algarismos que excederam nove, registrou o algarismo das unidades no resultado e transportou 1 para a ordem seguinte, na primeira linha – ordem das dezenas, reconhecendo explicitamente a equivalência entre o procedimento tátil e o algoritmo escolar em caderno (“Então é assim que vocês fazem”). Essa vivência consolidou a compreensão do reagrupamento como “troca a cada dez” e evidenciou o papel estruturante da organização modular em três linhas para alinhar a ação tátil ao algoritmo convencional. O participante também sugeriu melhorias mecânicas, maior retenção das contas nas fendas e marcação tátil de zonas, que orientaram a engenharia das versões subsequentes.

4.5.3 Intervenção da participante Estrela

Com a participante Estrela, enfatizou-se a progressão: ordens → classes → notação posicional em base 10. Ela reconheceu o limite 0–9 por fenda, inferiu a necessidade de migrar para a dezena ao atingir dez unidades e representou números do cotidiano (como 304), nomeando “três centenas, zero dezenas e quatro unidades”. Na transição para a escrita em base 10, apresentou hesitações (confusão entre 10^0 - unidades e decimais), mas, reescreveu corretamente expressões como $42 = 4 \times 10^1 + 2 \times 10^0$, estabilizando a regra da direita para a esquerda ($U = 10^0 = 1$, $D = 10^1 = 10$, $C = 10^2 = 100$). A retirada temporária do bloco do operador favoreceu a concentração na estrutura posicional; recomendou-se, para o desenho instrucional, o uso de etiquetas táteis com 10^0 , 10^1 , 10^2 no topo dos módulos e uma sequência graduada de tarefas antes de problemas contextualizados.

Como síntese das Intervenções com os participantes Lua, Sol e Estrela, os três casos convergiram na viabilidade tátil do reagrupamento posicional, na leitura consistente em *braille* e na organização por ordens com registros explícitos, incluindo o “vai um”. As sugestões de Lua levaram à padronização e ao reposicionamento da escrita em *braille*; as execuções de Sol evidenciaram a equivalência entre o procedimento tátil e o algoritmo escolar; e as interações de Estrela mostraram que a ponte ordem–potência pode ser consolidada com

apoios táteis e sequências graduadas. Esses achados fundamentaram ajustes de engenharia e de mediação pedagógica incorporados às versões subsequentes do BrailleOperMat.

4.5.4 Acompanhamento e apoio pedagógico

Os professores especialistas (E1, E2 e E3) acompanharam todas as etapas, contribuindo com observações e orientações pedagógicas. Após cada sessão, foram realizados breves momentos de diálogo com os participantes Lua, Estrela e Sol, buscando obter feedback imediato sobre a experiência e ajustar o BrailleOperMat quando necessário.

Além disso, entrevistas mais amplas com os participantes e os especialistas foram conduzidas ao final do ciclo de intervenções, a fim de avaliar a eficácia do *BrailleOperMat* e levantar sugestões para a sua melhoria e adaptação a outros contextos educacionais.

4.6 Validação do BrailleOperMat em diferentes contextos

No momento da qualificação ocorrida em 20 de fevereiro de 2025, em que a banca examinadora apontou o caráter inovador do Produto Educacional e pontuou o fato do BrailleOperMat já ter sido validado por uma estudante cega congênita - Lua no dia 25 de outubro do ano de 2024. Lua sugeriu melhorias na impressão em *braille*, na parte inferior do módulo da escrita U em *braille*, que confundiu com a letra X. Figura 12.

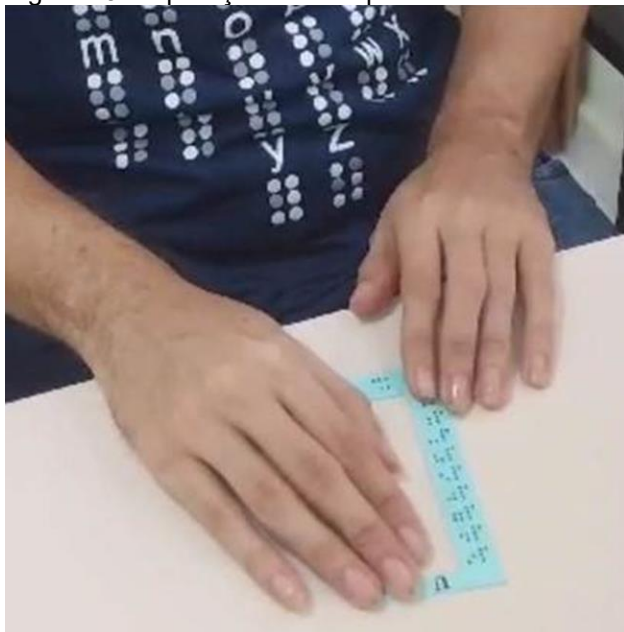
Figura 12 – Participante Lua sentido as marcações em *braille* pelo tato



Fonte: Acervo do autor, 2024.

Na continuidade da pesquisa, no dia 06 de março de 2025, foi apresentado a face personalizada da nova versão do *BrailleOperMat*, com as alterações realizadas, propostas por Lua. Ao participante Sol que ao tocar a face personalizada com o dedo indicador, “estão bem-postos os números em *braille* e a escrita “U” maiúsculo em *braille* também, parece um sorobã adaptado”. Pontuou Sol, aprovando a face personalizada, tanto dos numerais em *braille*, como da escrita em *braille* da letra U em maiúsculo, indicando as Unidades no Sistema de Numeração Decimal (Figura 13).

Figura 13 – Aplicação da face personalizada do BrailleOperMat para o participante SOL



Fonte: Acervo do autor, 2025.

Seguindo a pesquisa, em 05 de junho de 2025, foi realizado a intervenção com o participante SOL, Figura 14. A sessão ocorreu no CAP-AC, mediada pelo pesquisador e pela orientadora. Durante a aplicação, SOL realizou o reconhecimento tátil das fendas e das contas cilíndricas do *BrailleOperMat*, representando sua idade ao utilizar as ordens de unidades e dezenas, afirmando: “Três dezenas significa trinta... há, agora estou entendendo, como encostou o um aqui, fica trinta”.

O participante demonstrou compreensão do conceito de ordens e classes numéricas e apontou sugestões técnicas: “As peças ficam muito soltas na fenda... seria bom travar as contas pra não correrem”.

Na sequência, construiu o número de sua residência, utilizando também a ordem das centenas, e reconheceu o papel posicional do zero no sistema decimal. Mencionou a possibilidade de aplicar o material ao ensino de números decimais, ilustrando com uma situação do cotidiano: “Dá pra mostrar a vírgula, como no PIX... R\$ 100,00, três dígitos antes e dois depois da vírgula”.

Ao resolver uma operação de adição com reagrupamento, Sol verbalizou com surpresa: “É assim que fazem em tinta, é?!” — percebendo a correspondência entre o algoritmo usual e o modo tátil de representação.

Sol avaliou o material como acessível e eficaz na visualização tátil do Sistema de Numeração Decimal, sugerindo melhorias no travamento das contas e na utilização do BrailleOperMat também para números decimais, ampliando suas possibilidades didáticas.

Figura 14 – Aplicação do BrailleOperMat para o participante Sol



Fonte: Acervo do autor, 2025.

No dia 09 de junho de 2025, ocorreu a intervenção com Estrela no NAI/Ufac, que conseguiu identificar os números em *braille* sem dificuldade conforme Figura 15. E realizar a operação de adição com o *BrailleOperMat*.

Figura 15 – Aplicação do BrailleOperMat para a participante Estrela



Fonte: Acervo do autor, 2025.

As intervenções foram acompanhadas pelos professores especialistas (E1, E2 e E3), bem como pela professora orientadora, que contribuíram com observações técnicas e pedagógicas fundamentais para o aperfeiçoamento do BrailleOperMat e para a consolidação de sua validação como produto educacional acessível e inclusivo. As percepções coletadas estão sistematizadas no Quadro 4, que apresenta, de forma comparativa, os principais pontos observados pelos especialistas (E1, E2 e E3) sobre o BrailleOperMat.

Quadro 4 – Síntese comparativa das respostas dos especialistas sobre o *BrailleOperMat*

Aspectos analisados	E1	E2	E3
Primeiras impressões	Considera o BrailleOperMat uma ferramenta facilitadora e de fácil compreensão, que torna o ensino de Matemática mais acessível e concreto.	Avalia o material como intuitivo e inovador, promovendo uma aprendizagem lúdica e significativa.	Classifica o produto como inovador e inclusivo, permitindo transformar conceitos abstratos em experiências táteis.
Compreensão do SND	Destaca o potencial do recurso para visualizar as ordens e classes numéricas, favorecendo o raciocínio lógico e o entendimento do reagrupamento posicional.	Enfatiza o uso nas quatro operações e a clareza do “vai-um” como suporte concreto ao algoritmo.	Afirma que o material contribui para a introdução gradativa do sistema decimal, do simples ao complexo.
Acessibilidade e usabilidade	Reconhece aderência ao Desenho Universal, com dupla codificação (Braille e tinta). Sugere travamento das contas.	Considera o produto acessível e de fácil manipulação, recomendando ajustes na disposição das bandejas e nas marcas de referência tátil.	Afirma que o material é ergonômico e acessível, sugerindo reposicionamento e fixação das contas nas bandejas para maior estabilidade.
Aplicabilidade pedagógica	Indica potencial para uso em contextos inclusivos, com alunos cegos e videntes em interação colaborativa.	Defende a integração do BrailleOperMat às atividades regulares da BNCC, principalmente nas séries iniciais.	Sugere o uso do recurso para ensinar as quatro operações e potenciação, inclusive como alternativa ao soroban.
Impacto na aprendizagem	Enfatiza o favorecimento da autonomia e da aprendizagem significativa.	Ressalta que o BrailleOperMat estimula o protagonismo do aluno e concretiza conteúdos abstratos.	Afirma que o recurso promove motivação e independência na exploração matemática.
Sugestões de aprimoramento	Fixar as contas e melhorar o relevo das marcações.	Padronizar a posição das bandejas e reforçar marcações táteis.	Reposicionar bandejas, travar contas e reforçar estrutura física.

Fonte: Acervo do autor, 2025.

As respostas dos especialistas (E1, E2 e E3) revelam convergência na avaliação positiva do *BrailleOperMat*, reconhecendo-o como um recurso inovador, inclusivo e acessível, que torna o ensino do Sistema de Numeração Decimal mais concreto e compreensível. Todos destacaram a facilidade de uso e o potencial pedagógico do material para o ensino das operações, ressaltando sua adequação a contextos inclusivos com alunos cegos e normovisuais. Entre as principais sugestões de aprimoramento, apontaram-se o travamento das contas cilíndricas, o reposicionamento das bandejas e o reforço das marcações táteis, visando maior estabilidade e autonomia na manipulação do recurso.

Com base nessas contribuições e na consolidação da etapa de validação com os especialistas, o *BrailleOperMat* foi posteriormente aplicado em contextos formativos distintos, ampliando sua testagem prática junto a estudantes da educação superior. No dia 13 de junho de 2025, o produto foi utilizado por quatro licenciandos matriculados na disciplina de Tecnologia da Informação e Comunicação (TICs) no Ensino de Matemática (CCET 462) do Curso de Matemática da Universidade Federal do Acre, no município de Rio Branco, conforme a

Figura 16, os quais construíram possibilidades de ensino de matemática com foco nas operações de adição com números naturais e nos conceitos de ordens e classes numéricas.

Figura 16 – Licenciandos matriculados na disciplina de Tecnologia da Informação e Comunicação (TICs) no Ensino de Matemática (CCET 462) do Curso de Matemática da Universidade Federal do Acre, no município de Rio Branco



Fonte: Acervo do autor, 2025.

No município de Jordão, no estado do Acre, ocorreu a aplicação no âmbito da disciplina de Tecnologias da Informação e Comunicação I no Ensino de Matemática (CCET 460) e a aplicação do *BrailleOperMat* foi por meio de uma

Mostra de Materiais Manipuláveis Inclusivos e digitais para o Ensino de Matemática em uma Escola estadual do referido Município no dia 01 de setembro de 2025. A aplicação foi realizada por grupos de Licenciandos em Matemática do 4º período, com o acompanhamento da orientadora da pesquisa em turmas do 6º ano do Ensino Fundamental, conforme registrado na Figura 17. Com o BrailleOperMat trabalhou-se atividades de representação dos números naturais com os exemplos da idade, peso, número do sapato, ano que nasceu, dentre outros. Os estudantes representavam os números e tinham que explicar quantas ordens e classes numéricas existiam na atividade desenvolvida. Faziam comparações e composição e decomposição.

Figura 17 – Aplicação do BrailleOperMat pelos licenciandos em matemática da UFAC em turmas do 6º ano do Ensino Fundamental em Jordão/AC



Fonte: Acervo do autor, 2025.

Na atividade os estudantes percebem a representação dos números naturais com situações do dia a dia, que podem representar os números em suas múltiplas facetas, tais como: contagem, medida, código, posição ou ordem, dentre outros (Lorenzato, 2017).

Por exemplo, para representar 13 anos no BrailleOperMar, identificando que nesse caso, o número representa uma medida. Conforme realizada a leitura do número 13, no BrailleOperMat, o numeral 1, está na ordem das dezenas (2ª ordem – da direita para a esquerda), representa “uma dezena” (no sistema de troca posso trocar 10 unidades por uma dezena, que vale o valor 10 unidades. Já o numeral 3, está na posição das unidades simples, ou seja, na 1ª ordem.

Esse numeral 13 tem duas ordens e uma classe chamada de Unidades Simples. A cada três ordens temos uma classe numérica. Em relação ao ano que a estudante nasceu, se ele tem 13 anos, ele nasceu em 2012, que também representa o número como medida.

Em relação a essa data de 2012, podemos dizer considerando para representar no sistema de numeração decimal, que tem duas classes numéricas (Unidades Simples e das Unidades de Milhar. Com quatro ordens. No nosso Sistema de Numeração decimal, o numeral dois mil e doze, pode ser decomposto por 2000 (2 unidades de milhar= $2 \times 1.000 = 2 \times 10^3$) e está na 4ª posição ou ordem. Na 3ª ordem das centenas, temos zero centenas, ou seja, $0 \times 100 = 0 \times 10^2 = 0$. Já o numeral 1 está na 2ª posição ou ordem, das dezenas, ou seja, $1 \times 10^1 = 1 \times 10 = 10$ e, por fim, o numeral 2 que está na posição das unidades ou na 1ª ordem, ou seja, $2 \times 10^0 = 2 \times 1 = 2$, duas unidades simples. Portanto, o 2 tem valores diferentes conforme a posição que ele ocupar. O 2 que está mais à esquerda na representação do ano é maior que o 2 que está na posição das unidades, quando fazemos a comparação conforme a notação posicional do número. Na Figura 18 as atividades desenvolvidas com os Licenciandos do Curso de Matemática no município do Jordão/AC.

Figura 18 – Atividades desenvolvidas com os Licenciandos do Curso de Matemática no município do Jordão/AC



Fonte: Acervo do autor, 2025.

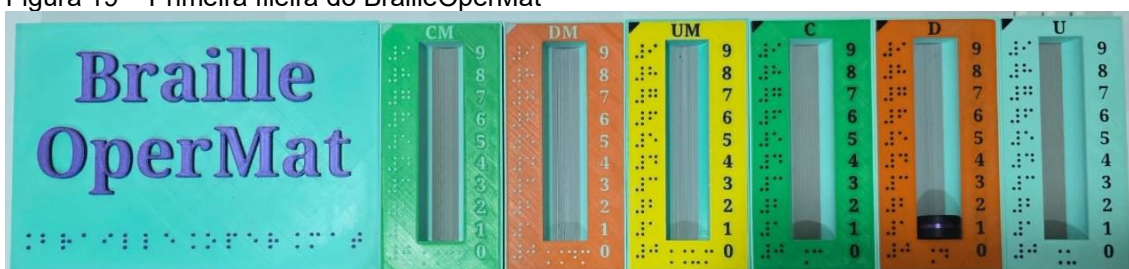
Na oficina realizada no XV Encontro Nacional de Educação Matemática em Manaus/AM, de 28 de julho a 01 de agosto de 2025 também trabalhamos as múltiplas facetas do número, a decomposição e a composição, e as operações de adição sem reserva e com reservas.

Um dos exemplos, em que fechamos a oficina, partimos da idade de Maria 27 anos e de Pedro 35 anos, em que as idades dos dois representa a idade da mãe de Pedro, chamada Gabi. Qual a idade da Gabi?

Pare resolvermos o problema proposto com o BrailleOperMat, se faz necessário, explicar que: o protótipo apresentado está apropriado para operações de adição até quatro ordens numéricas, ou seja, quatro algarismos ou dígitos em cada parcela.

Na *primeira fileira* (destinada ao vai um, nas operações com reserva). Na parte superior esquerda, está o nome impresso em relevo BrailleOperMat e abaixo do nome a escrita em *braille* do nome do material manipulável. A sua direita a representação dos módulos de duas classes numéricas (Classe dos Milhares: com as ordens CM, DM, UM; e a Classe das Unidades Simples: C, D, U), nas cores verde, laranja e amarelo, Figura 19.

Figura 19 – Primeira fileira do BrailleOperMat

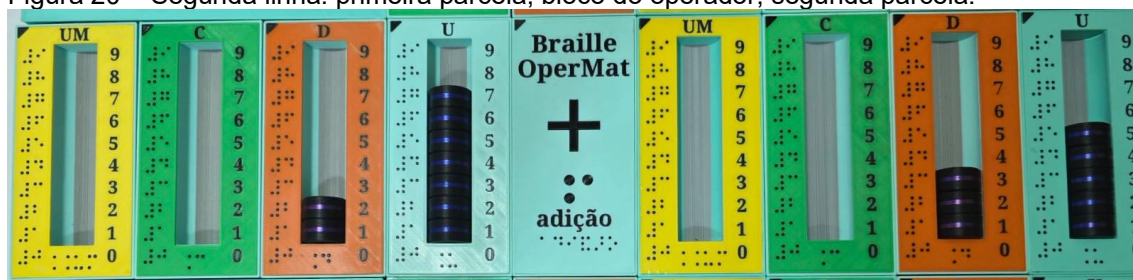


Fonte: Acervo do autor, 2025.

Na *segunda linha do material* manipulável - linha de representação das operações aritméticas a ser realizada. É possível representar o número até quatro ordens numéricas (UM, C, D, U), os módulos nas cores amarela, verde, laranja e azul. À esquerda com quatro ordens, representaremos a 1ª parcela da operação de adição (a idade de Maria, 27 anos), após o módulo em azul que indica a operação a ser realizada - com o nome BrailleOperMar, seguido do símbolo +, da representação em *braille*, do nome adição e a sua escrita em

braille. À direita do módulo indicador da operação de adição, mais quatro ordens para representar a 2ª parcelada (a idade de Pedro 35 anos). Na segunda linha – das operações aritméticas é importante para que fique registrado para o estudante cego e demais, a operação que será realizada durante todo o processo. A operação de adição, em que a esquerda a idade de Maria 27 anos representada com as contas cilíndricas e a direita a idade de Pedro, 35 anos, Figura 20.

Figura 20 – Segunda linha: primeira parcela, bloco do operador, segunda parcela.

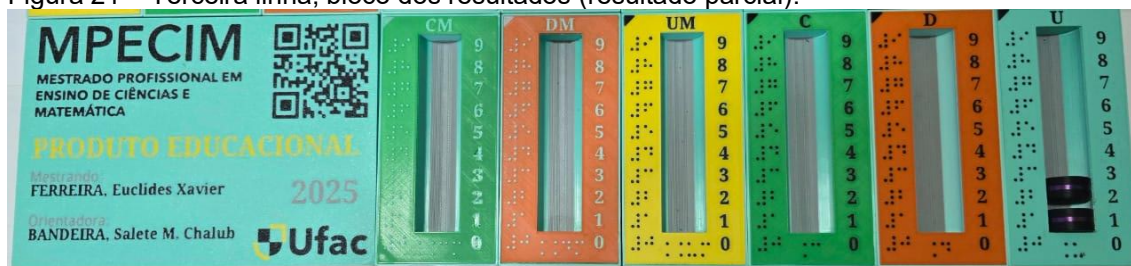


Fonte: Acervo do autor, 2025.

A *terceira linha* do material manipulável é destinada ao resultado da operação de adição. Com um módulo maior com a sigla MPECIM, o nome Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática, Produto Educacional (em amarelo), o nome mestrando FERREIRA, Euclides Xavier e da Orientadora BANDEIRA, Salete M. Chalub. Um QRCode, o ano 2025 (em cinza) e a logo da Ufac. À direita duas classes numéricas para receber as contas cilíndricas com o resultado (parcial e final da operação realizada), Figura 21.

Resultado parcial das parcelas: 7 contas cilíndricas mais 6 contas cilíndricas que resulta em 12 contas cilíndricas, dois ficará nas unidades e “vai um para as dezenas (sistema de troca, 10 unidades corresponde à vai uma dezena para a ordem imediatamente superior).

Figura 21 – Terceira linha, bloco dos resultados (resultado parcial).



Fonte: Acervo do autor, 2025.

Resultado final: adicionar as dezenas: 2 contas cilíndricas mais 3 contas cilíndricas, resulta em 5, mais uma conta (vai um), resultado 6 contas cilíndricas nas dezenas. Total: 6 dezenas (60 unidades) e 2 unidades simples, resultando em: 62, que representa a idade da Mãe de Pedro, Gabi, que tem 62 anos.

Figura 22 – Terceira linha, bloco dos resultados (resultado completo).



Fonte: Acervo do autor, 2025.

Ao final da oficina com a representação do resultado da adição $27+35=62$, com o vai um na primeira linha, as parcelas e a operação na segunda linha e o resultado na terceira linha do BrailleOperMat, na Figura 23:

Figura 23 – Pesquisador com BrailleOperMat



Fonte: Acervo do autor, 2025.

Passos: Realizar a atividade iniciando pela ordem do menor valor posicional, ou seja, as unidades simples. Na operação de adição, chamamos de os números de parcelas, 1ª parcela, 2ª parcela e o resultado: soma ou total.

Somar as Unidades: 7 contas cilíndricas mais 5 contas cilíndricas.

Resultado parcial: 12 constas cilíndricas. Para os estudantes compreenderem o vai um. Precisamos do conceito de decomposição. Vamos decompor o $12 = 10 + 2$. Fazer o sistema de troca (10 unidades valem 1 dezena: vai uma conta cilíndrica para a *primeira linha*) e ficam 2 unidades na terceira linha do resultado (nesse caso o resultado parcial).

Somar as dezenas: 2 contas cilíndricas mais 3 contas cilíndricas, resultam em 5 contas cilíndricas, mais 1 conta cilíndrica (vai um), resultam em 6 contas cilíndricas na ordem das dezenas.

Resultado final: 62. Decompondo o número 62, 6 dezenas ($6 \times 10^1 = 6 \times 10 = 60$) e 2 unidades simples ($2 \times 10^0 = 2 \times 1 = 2$ unidades simples).

4.7 Considerações preliminares

As intervenções iniciais demonstraram que o uso do BrailleOperMat, aliado à audiodescrição didática, favoreceu significativamente a compreensão dos conceitos abordados. As pessoas com deficiência visual demonstraram interesse, engajamento e progressiva autonomia na realização das atividades propostas, o que reforçou o potencial inclusivo e pedagógico do material manipulável desenvolvido.

4.8 Procedimentos de Análise dos Dados

A análise dos dados foi conduzida à luz da perspectiva interpretativa, com base nos pressupostos da abordagem qualitativa. As falas, observações e registros dos participantes foram analisados de forma descritiva e analítica, dialogando com os referenciais teóricos adotados, notadamente os estudos de Vigotski (1896–1934), que embasam a concepção de mediação pedagógica, interação social e construção de conhecimento no contexto da inclusão.

A triangulação dos dados: entrevistas, observações, registros audiovisuais e em diário de campo. Permitiu uma visão mais rica e complexa das experiências vividas pelas pessoas cegas, professores especialistas sem deficiência, pesquisador e orientadora durante as intervenções com o

BrailleOperMat. A ênfase foi dada à interpretação dos significados atribuídos pelos sujeitos à sua experiência, considerando os contextos institucionais, as estratégias didáticas aplicadas e as percepções individuais sobre o processo de aprendizagem.

5 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO BRAILLEOPERMAT

O processo de desenvolvimento do BrailleOperMat representou uma das etapas centrais desta investigação, pois articulou concepção, construção e aprimoramento de um recurso didático manipulável voltado ao ensino do Sistema de Numeração Decimal a estudantes com deficiência visual. Ao longo da pesquisa, o protótipo passou por diferentes fases, desde os primeiros esboços e modelagens até a versão final, resultante de sucessivos ajustes realizados a partir das contribuições de estudantes cegos, especialistas em *braille* e audiodescrição, além da mediação do pesquisador e de sua orientadora.

A evolução do material ocorreu de forma colaborativa e dialógica, em consonância com a abordagem metodológica adotada e com os fundamentos teóricos que sustentaram este trabalho. Cada versão construída refletiu não apenas avanços técnicos de design, proporcionados pelo uso da impressão 3D, mas também o compromisso pedagógico de assegurar maior acessibilidade e equidade no ensino da matemática.

Nesta seção, apresentam-se as etapas que marcaram esse percurso: a concepção inicial do protótipo, os esboços e a primeira versão elaborada, os ajustes realizados a partir das intervenções pedagógicas, a consolidação da Versão 3 como versão final. Por fim, destacam-se considerações gerais sobre o processo de desenvolvimento, ressaltando o caráter iterativo e colaborativo que caracterizou a criação do BrailleOperMat.

5.1 Concepção inicial do protótipo

O BrailleOperMat surgiu como resposta a um desafio proposto durante o curso de Modelagem 3D para Manufatura Aditiva (20 h), realizado entre 02 e 12 de setembro de 2024, momento em que o pesquisador e sua orientadora foram convidados pelo Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da UFAC a participar do curso, no contexto do projeto *Internet* das Coisas *IOT* para a Indústria 4.0¹¹, ofertado no Laboratório N.A.V.E Tech, localizado no segundo andar da Biblioteca

¹¹ Disponível em: <https://www.ufac.br/site/iot/>

da UFAC, campus Sede. Na ocasião, os participantes foram instigados a desenvolver um protótipo que resolvesse um problema cotidiano por meio da impressão 3D. Inspirado em dispositivos como o ábaco aberto (vertical e horizontal) e o soroban, o pesquisador e orientadora idealizaram inicialmente uma calculadora tátil em *braille* que possibilitasse a estudantes com deficiência visual a realização das operações matemáticas fundamentais.

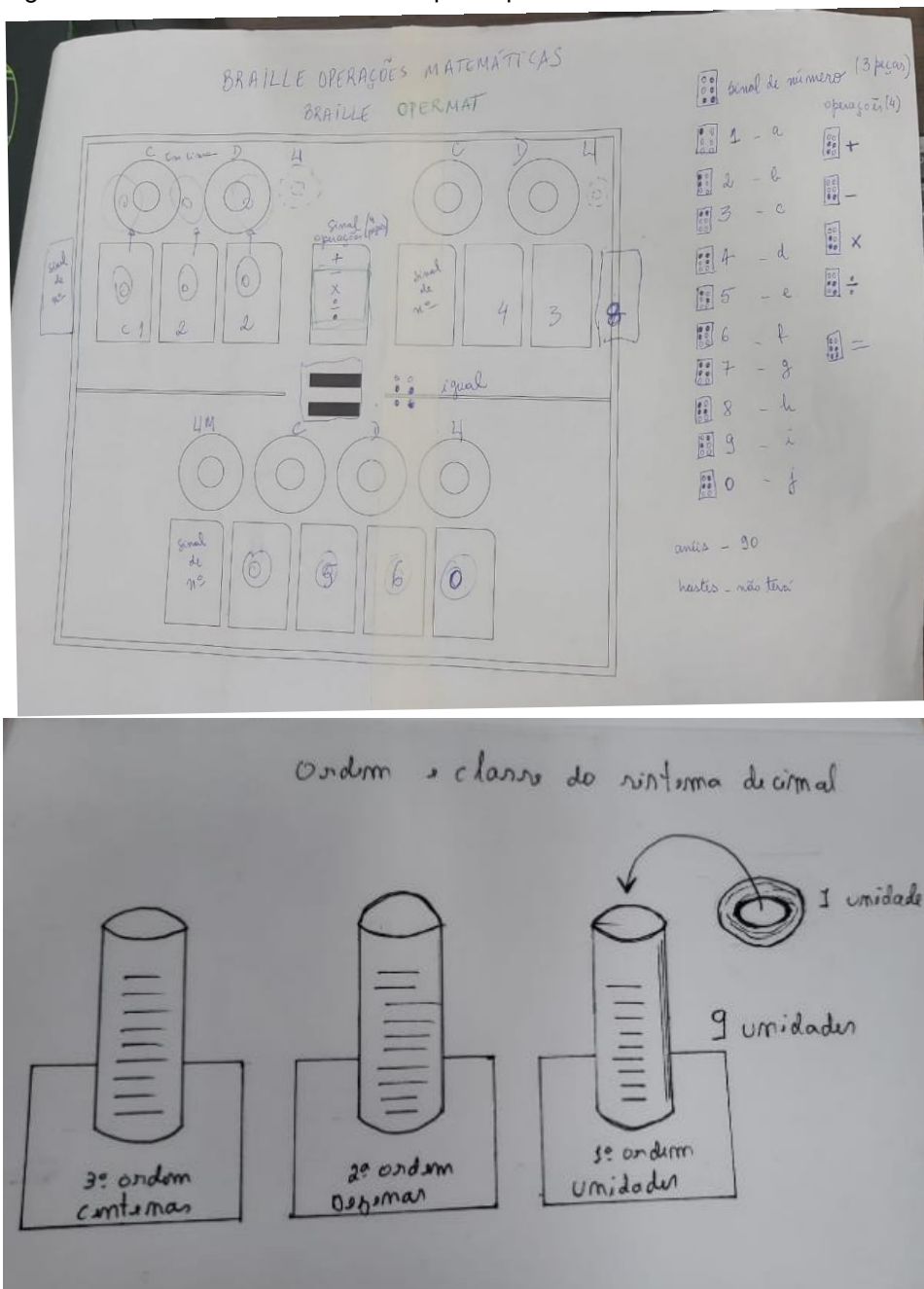
Esse ponto de partida despertou a reflexão sobre a necessidade de criar um recurso inclusivo e acessível, que fosse além da mera execução de cálculos, permitindo compreender os princípios do Sistema de Numeração Decimal e os fundamentos do valor posicional. Nesse momento, nasceu a ideia do BrailleOperMat, cujo nome resultou da fusão entre *braille* e operações matemáticas.

5.2 Esboços e versões

Na seção pontuaremos as criações dos protótipos nos momentos de intervenções com os estudantes cegos, licenciandos do Curso de Matemática da UFAC, sede Rio Branco e Jordão, municípios do Estado do Acre, e com aplicação de uma oficina no XV Encontro Nacional de Educação Matemática no período de 28 de julho a 01 de agosto do ano de 2025 na cidade de Manaus-AM.

O primeiro protótipo, denominado Versão 0, consistiu em rascunhos manuais que tomaram como referência o ábaco aberto, prevendo contas em forma de anéis encaixados em torres, um espaço para o registro das operações numéricas e uma área para os resultados (Figura 24).

Figura 24 – Primeiros rascunhos dos protótipos

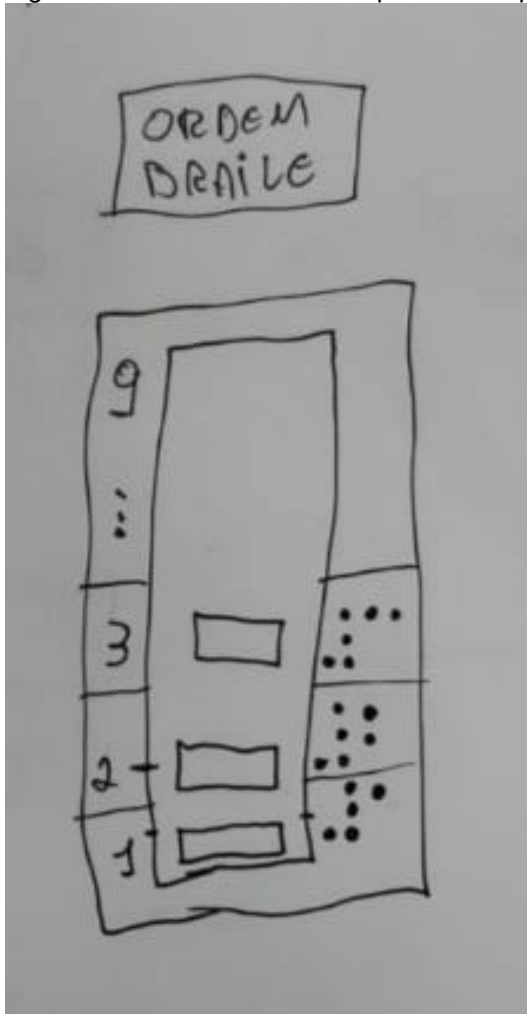


Fonte: Acervo do autor, 2024.

Após uma análise inicial de usabilidade voltada a pessoas com deficiência visual, identificaram-se barreiras que dificultaram o manuseio do produto, como a dificuldade de encaixe dos anéis e a colisão das mãos nas torres durante a manipulação. Diante desses achados, elaborou-se um novo rascunho (Figura 25), mais simples, composto por uma peça retangular que representou uma ordem numérica do Sistema de Numeração Decimal. No centro da peça, criou-se uma fenda na qual se encaixaram nove contas cilíndricas, configurando a troca na décima conta cilíndrica. À esquerda da fenda, registraram-se os

algarismos indo-arábicos de 1 a 9 e, à direita, as inscrições dos numerais em *braille* correspondentes aos mesmos algarismos.

Figura 25 – Novo rascunho simplificado do protótipo

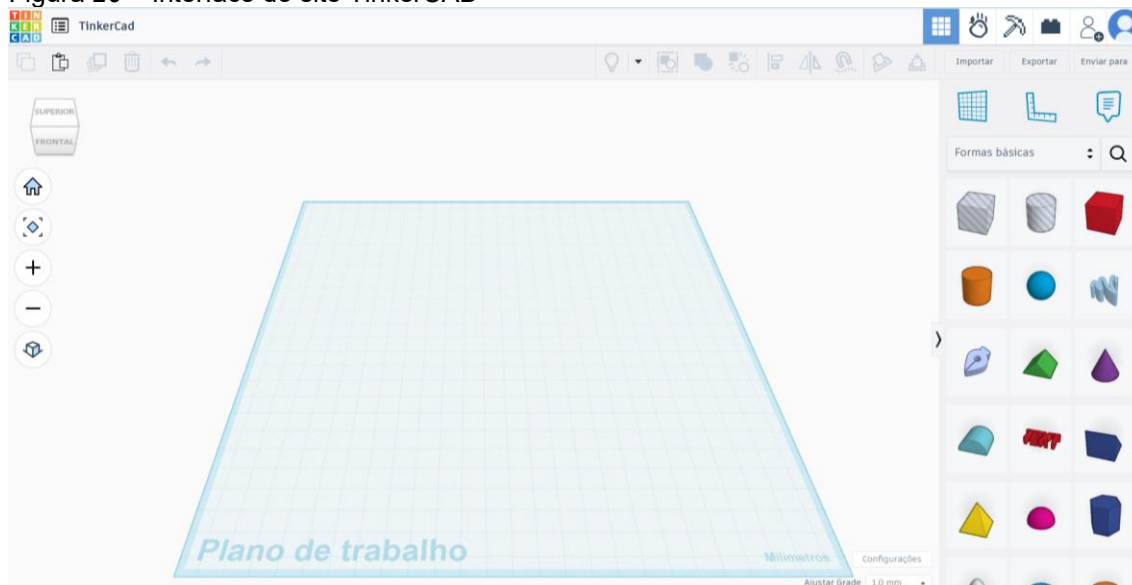


Fonte: Acervo do autor, 2024.

Para a modelagem digital, utilizou-se o *Autodesk TinkerCAD*¹² (Figura 26), ambiente gratuito de modelagem 3D cuja interface gráfica simples permitiu conceber peças complexas e funcionais ao protótipo da Figura 25.

¹² Disponível em: <https://www.autodesk.com/br>

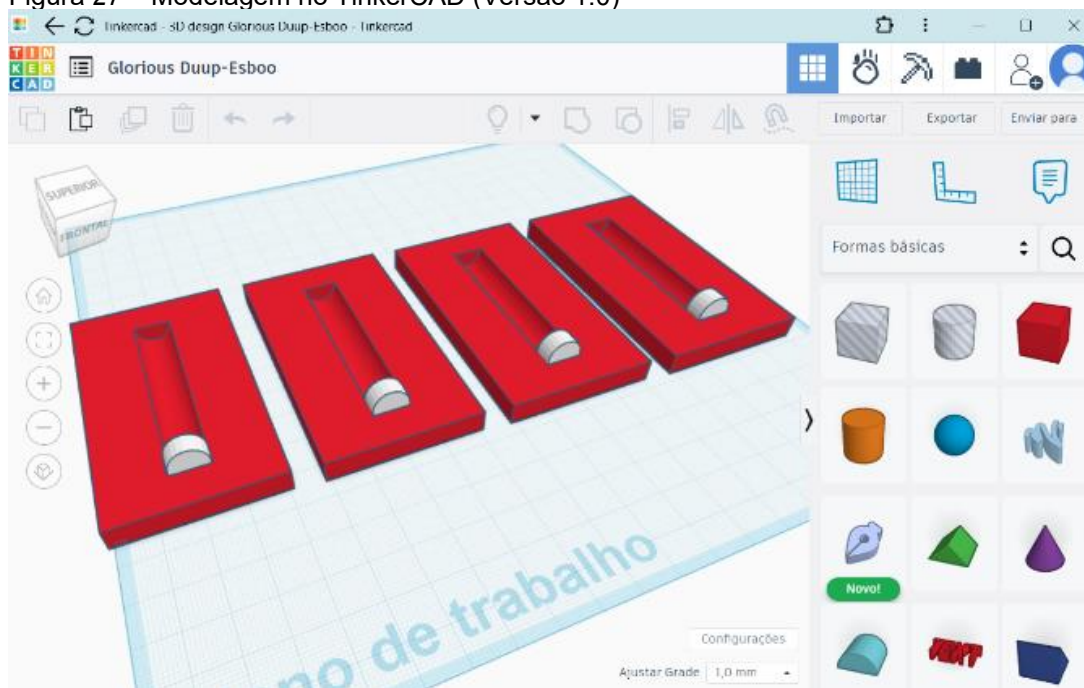
Figura 26 – Interface do site TinkerCAD



Fonte: A cervo do autor, 2024.

A partir do desenho (Figura 25), desenvolveu-se a Versão 1.0, modelada no TinkerCAD como um retângulo com fenda para acomodação das contas cilíndricas (Figura 27).

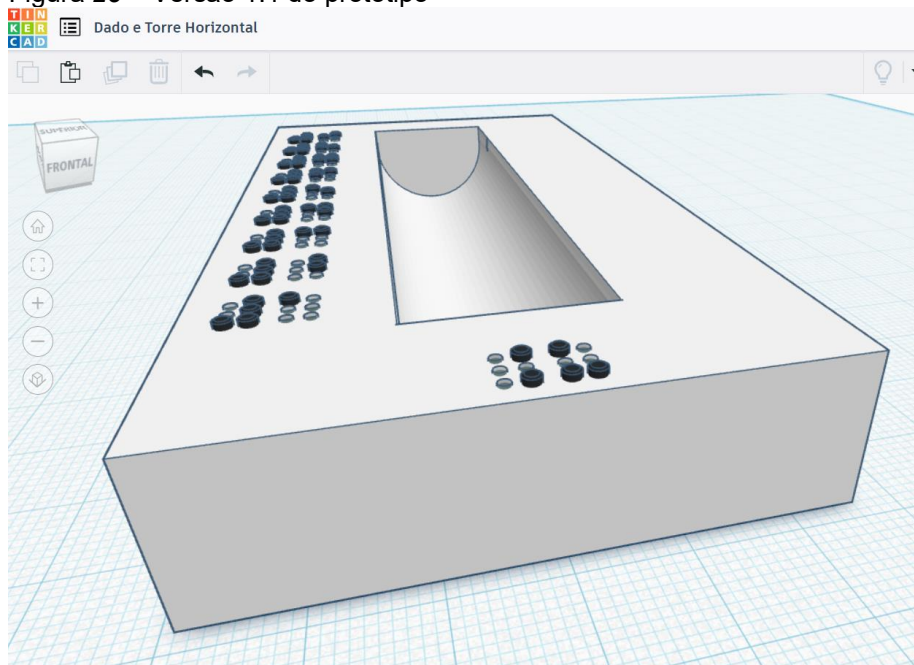
Figura 27 – Modelagem no TinkerCAD (Versão 1.0)



Fonte: A cervo do autor, 2024.

Em seguida, surgiu a Versão 1.1, que apresentou integralmente em *braille* os algarismos à esquerda da fenda e incluiu a indicação da ordem numérica em *braille* no canto inferior da peça (Figura 28).

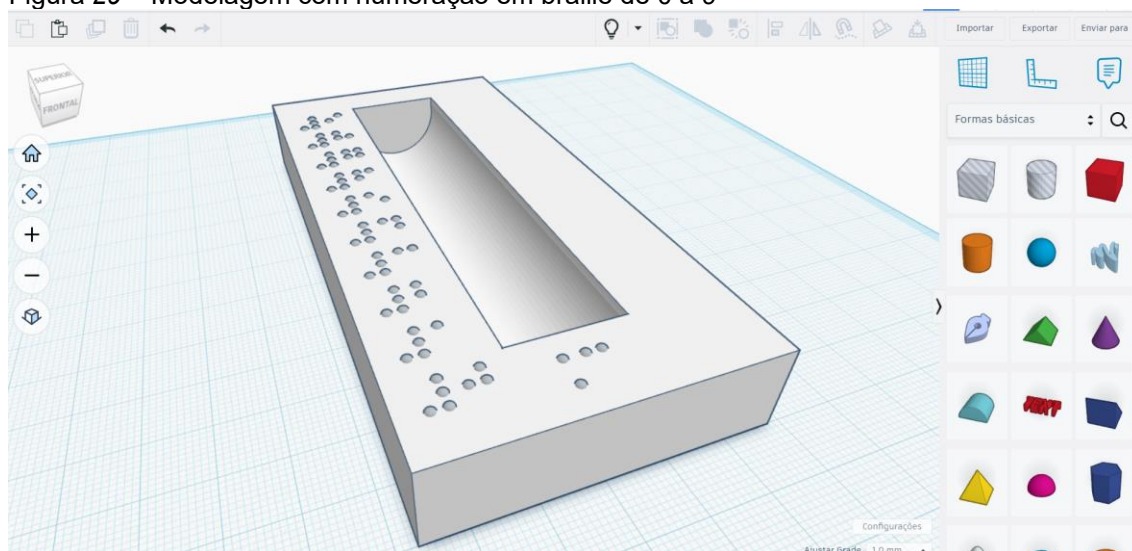
Figura 28 – Versão 1.1 do protótipo



Fonte: A cervo do autor, 2024.

Na Versão 1.2, incorporou-se o algarismo zero em *braille*, destacando seu papel posicional no Sistema de Numeração Decimal e na estrutura modular (Figura 29).

Figura 29 – Modelagem com numeração em braille de 0 a 9



Fonte: A cervo do autor, 2024.

Entre 16 e 26 de setembro de 2024, aconteceu o curso de Prototipação e Impressão 3D (20 h) sucessor do curso de modelagem, em que realizou-se o fatiamento do protótipo BrailleOperMat no Bambu Studio¹³ e imprimiu-se a

¹³ Disponível em: <https://bambulab.com/en/download/studio>

Versão 1.2 na impressora 3D Bambu Lab A1, consolidando o ciclo: rascunho, modelagem e impressão (Figura 30).

Figura 30 – Versão 1.2 do protótipo impresso



Fonte: A cervo do autor, 2024.

Paralelamente, delineou-se a organização operacional do BrailleOperMat para adição com duas parcelas, cada qual com quatro ordens distribuídas em duas classes, até a Unidade de Milhar. O arranjo previu duas linhas horizontais de peças: na primeira linha, quatro módulos representaram as ordens da classe simples (Unidade, Dezena e Centena) e da classe dos milhares (Unidade de Milhar) denominado primeira parcela, seguidos de um cubo operador com o sinal da operação (adição, subtração e multiplicação) um sinal por face, possibilitando a troca posicional do sinal, e de outro conjunto de quatro ordens para a segunda parcela. Na segunda linha posicionado abaixo, reservou-se o alinhamento das ordens destinado ao resultado (Figura 31).

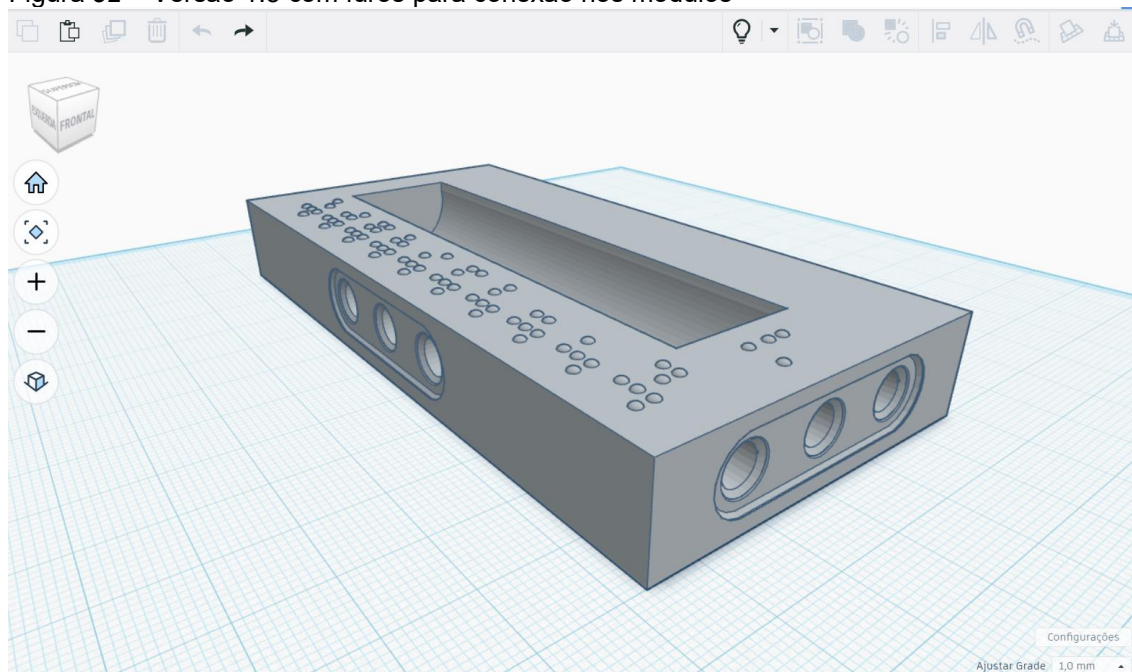
Figura 31 – Ideia de organização para operações de adição



Fonte: A cervo do autor, 2024.

Essa organização do produto alterou a forma de acomodação dos módulos. A proposta inicial de alojá-los em um tabuleiro se mostrou inviável, pois limitaria o número de ordens numéricas. Optou-se, então, por utilizar um conector para acoplar cada módulo, tornando o produto expansível. Para viabilizar essa solução, desenvolveu-se um sistema de conexão entre módulos: foram adicionados três furos nos lados de cada módulo (Figura 32).

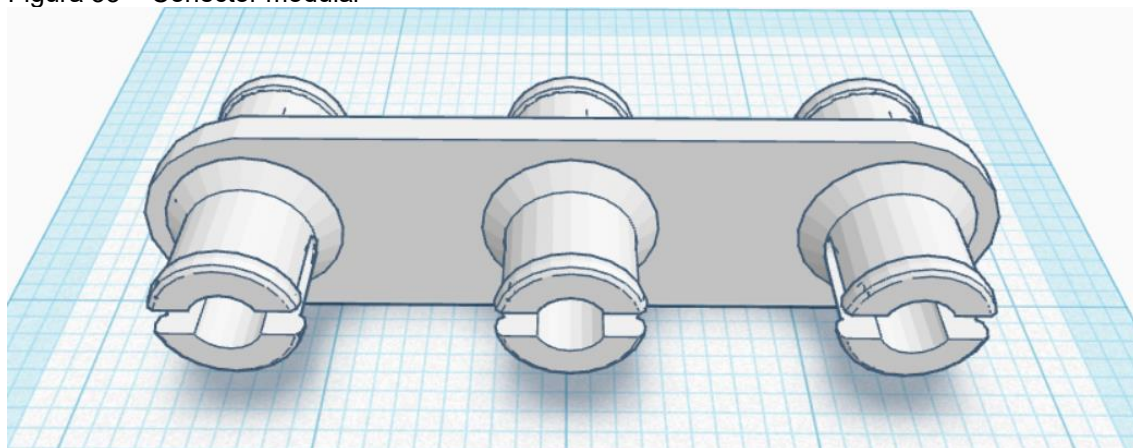
Figura 32 – Versão 1.3 com furos para conexão nos módulos



Fonte: A cervo do autor, 2024.

E concebeu-se um conector modular compatível (Figura 33). O padrão de três furos por lado estabeleceu um módulo de repetição que permitiu tanto o encaixe linear quanto a configuração ortogonal das peças, preservando o alinhamento coplanar e a continuidade tátil entre as ordens.

Figura 33 – Conector modular



Fonte: A cervo do autor, 2024.

A versão 1.3 serviu como ponto de partida para as primeiras aplicações do produto, permitindo identificar ajustes necessários de padronização do *braille*, de fixação das contas e de marcação de orientação, que nortearam as modificações subsequentes.

5.3 Ajustes a partir das primeiras aplicações

As melhorias no BrailleOperMat foram realizadas de forma colaborativa, a partir das intervenções com estudantes cegos e especialistas convidados.

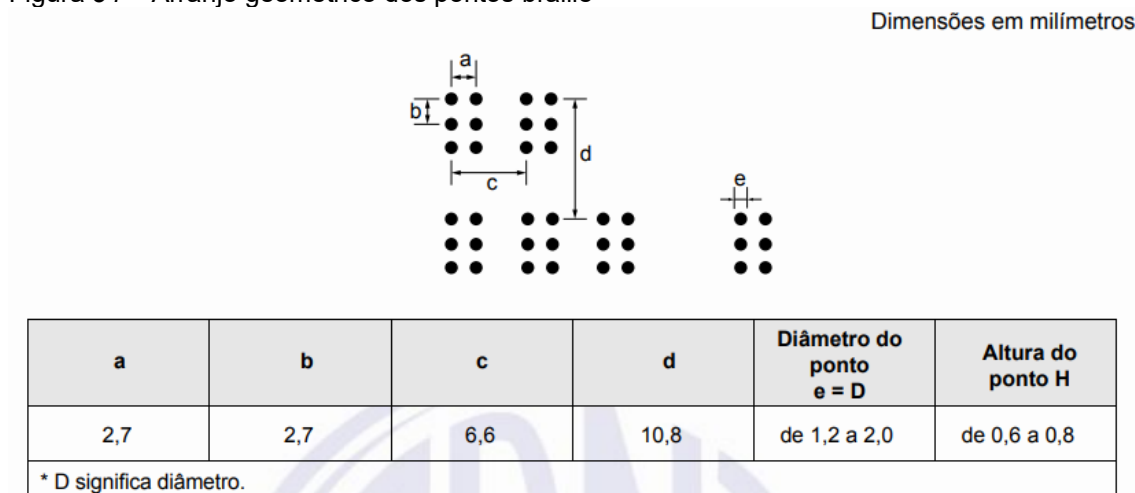
- Participante Lua, estudante cega congênita, apontou a necessidade de soltar mais as contas cilíndricas, além de propor ajustes na escrita *braille* presente no protótipo.
- Participante Estrela, com cegueira adquirida aos 17 anos, corroborou as observações de Lua, destacando que a mobilidade das contas precisava de maior precisão para facilitar a leitura tátil.
- Participante Sol, também cego congênita, destacou a relevância da escrita *braille* dos numerais de 0 a 9, posicionados à esquerda da fenda, bem como das iniciais maiúsculas das ordens numéricas. Sua contribuição reforçou a necessidade de um alinhamento didático entre a numeração em *braille* e a numeração indo-arábica.
- Os participantes especialistas em *braille* e audiodescrição (E1, E2 e E3), juntamente com a orientadora, sugeriram a inclusão de marcações na parte superior esquerda da placa, indicando a posição correta de cada módulo.

Essas observações resultaram em um processo contínuo de adaptação, que fortaleceu a usabilidade e a função pedagógica do BrailleOperMat.

5.4 Versão 2 do BrailleOperMat

Com base nas contribuições de estudantes e especialistas, desenvolveu-se a Versão 2 do BrailleOperMat. Nessa etapa, padronizou-se a escrita em *braille* segundo a norma ABNT NBR 9050:2020, que estabeleceu o arranjo de seis pontos em duas colunas, o espaçamento entre celas e a aresta arredondada em forma esférica para cada ponto conforme figuras Figura 34 e Figura 35.

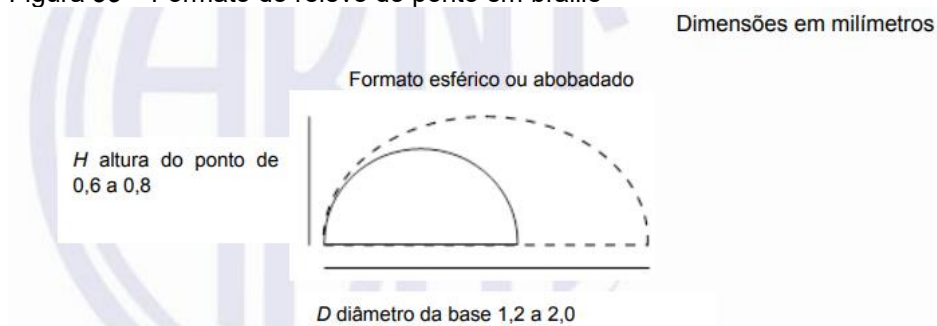
Figura 34 – Arranjo geométrico dos pontos braille



Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2020, p. 39)

A Figura 35 ilustra o formato do relevo do ponto em *braille* conforme Associação Brasileira de Normas Técnicas (2020).

Figura 35 – Formato do relevo do ponto em braille



Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2020, p. 39)

Para garantir controle dimensional do relevo, adotaram-se os intervalos normativos de diâmetro e altura do ponto em *braille*, com D entre 1,2 mm e 2,0 mm e H entre 0,6 mm e 0,8 mm, mantendo a proporção P entre 2,0 e 2,5, o que assegurou legibilidade tátil e reprodutibilidade na manufatura aditiva.

A norma também orientou a associação entre informações em relevo e em *braille* quando aplicável e o alinhamento à esquerda em sentenças mais extensas, preservando padrões de linguagem tátil e a inteligibilidade do conjunto. Essas diretrizes fundamentaram o reposicionamento dos numerais e das iniciais das ordens no módulo, reforçando a coerência entre numeração indo-arábica e leitura tátil.

Além disso, buscou-se aproximar o recurso da experiência visual dos estudantes normovisuais: acrescentou-se a numeração indo-arábica na vertical

à direita da fenda e inscreveram-se as iniciais maiúsculas das ordens numéricas na parte superior, em posição centralizada. Essa opção pedagógica visou garantir equidade no processo de ensino, permitindo que estudantes cegos e normovisuais compartilhassem a mesma lógica de representação, em consonância com a recomendação normativa de integrar diferentes modos de informação no mesmo artefato, seguindo o princípio dos dois sentidos (visual e tátil), item 5.1.3 da ABNT NBR 9050:2020, (Brasil, 2020).

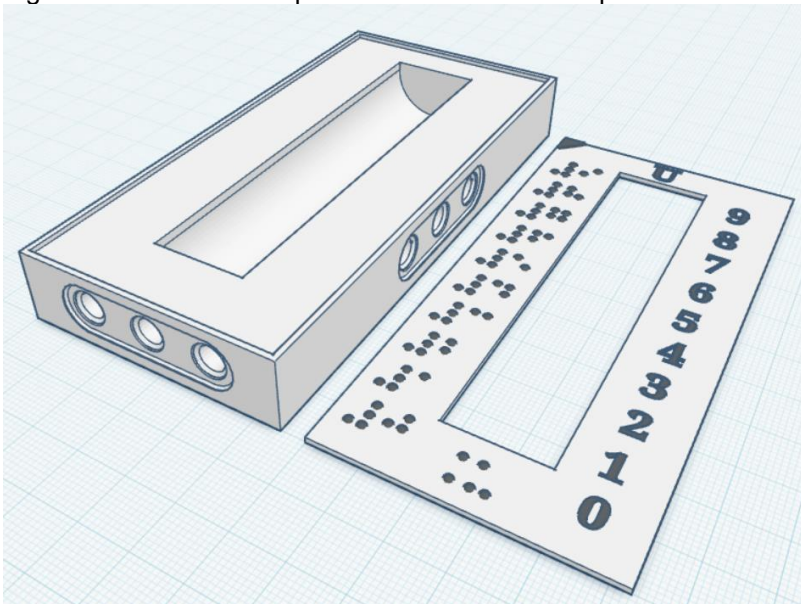
Paralelamente à padronização do *braille* e ao arranjo visual, redefiniu-se a fixação das contas cilíndricas, aumentando a estabilidade sem comprometer a mobilidade necessária à troca na décima unidade, e inseriram-se marcações de orientação na parte superior esquerda dos módulos para favorecer o posicionamento correto durante o uso pedagógico. Tais decisões dialogaram com a ênfase da norma no bom controle dimensional dos relevos como condição para a percepção tátil.

Os ajustes consolidados nesta versão atenderam aos critérios geométricos e táteis da norma ABNT NBR 9050 e responderam às demandas observadas nas primeiras aplicações, preparando o caminho para a consolidação apresentada na Seção 5.5, quando se detalharam melhorias ergonômicas e de legibilidade tátil à luz do uso em contexto pedagógico ampliado.

5.5 Versão final do BrailleOperMat

Com base nas lições da Versão 2 e visando reduzir custos de material e tempo de produção, modelou-se no TinkerCAD uma base retangular padronizada, contendo a fenda central para as contas e furos laterais de conexão. Essa base recebeu um rebaixo de 1 mm, no qual se encaixou a segunda parte do módulo, um retângulo de 1 mm de espessura com as inscrições em *braille* e em tinta. Essa face personalizada compôs as diversas ordens numéricas e o bloco de operações do BrailleOperMat, enquanto a base permaneceu genérica e reutilizável. Consolidando a modelagem da Versão 3 (Figura 36).

Figura 36 – Base e face personalizada do BrailleOperMat versão 3



Fonte: A cervo do autor, 2025.

Ao separar estrutura e identidade do módulo, adotou-se um arranjo modular e pós-customizável que economizou matéria-prima, simplificou o fluxo de impressão e facilitou reposições pontuais apenas das faces com inscrições, quando necessário. A solução permitiu manter um estoque reduzido de bases padrão, agregando as variações apenas na etapa final de montagem.

Esse desenho convergiu com o princípio da postergação (*postponement*) descrito por Alderson (1950) no campo do marketing, segundo o qual se postergou a diferenciação do produto para o ponto mais tardio possível do processo. Na prática, padronizou-se o componente estrutural e postergou-se a personalização para o momento em que a necessidade pedagógica ficou definida, caracterizando o *postponement* de forma. Tal abordagem viabilizou customizações rápidas e de baixo custo, alinhou a produção à demanda efetiva e reduziu perdas por obsolescência de variantes pouco utilizadas (Alderson, 1950).

Com a otimização de manufatura, consolidou-se um sistema expansível, compatível com o conector modular e com a lógica de montagem por ordens do SND, preservando a legibilidade tátil de acordo com a ABNT NBR 9050 e preparando o conjunto para as aplicações pedagógicas subsequentes.

A versão final resultou da integração das contribuições de estudantes, especialistas e da prática investigativa. O BrailleOperMat passou a contar com:

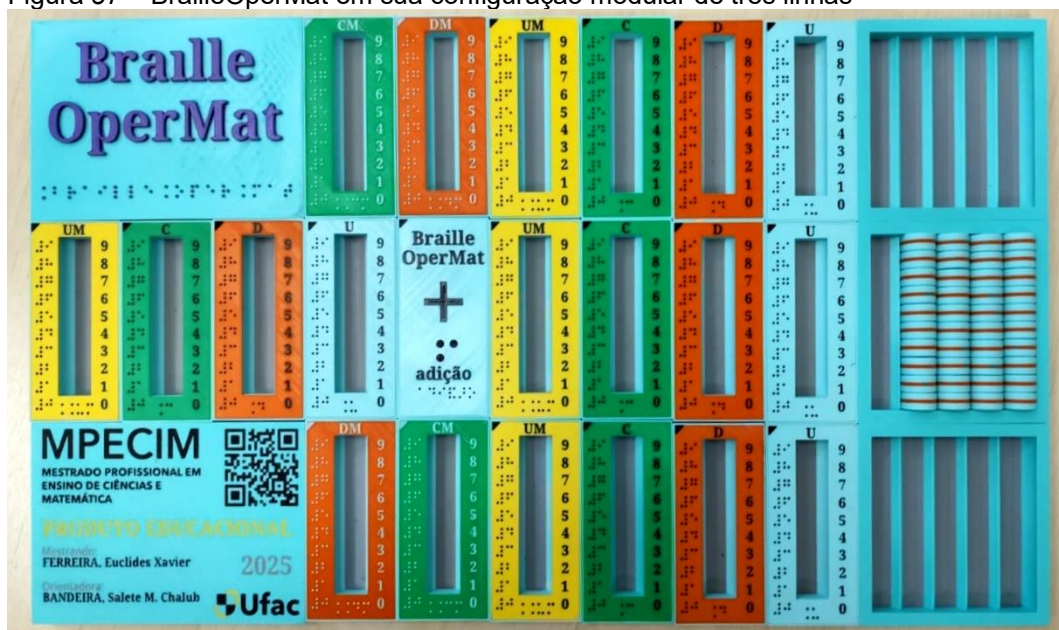
- Escrita *braille* padronizada e posicionada conforme critérios de legibilidade tátil;
- Numeração indo-arábica e iniciais ampliadas, favorecendo a acessibilidade para pessoas cegas e com baixa visão;
- Fixação adequada das contas cilíndricas, garantindo firmeza sem comprometer a manipulação;
- Marcação superior de orientação, assegurando o posicionamento correto dos módulos;
- Organização modular em três linhas: bloco do “vai um”¹⁴ na primeira linha, blocos das parcelas e do operador na segunda linha, e bloco do resultado na terceira linha;
- Faces personalizáveis em cores: considera-se a possibilidade de impressão colorida em tons pastéis, potencialmente mais confortáveis para olhos sensíveis, com provável valor pedagógico para estratégias de codificação por cores junto a crianças no Transtorno do Espectro Autista (TEA) e em casos de discalculia. Tal recurso poderia ainda favorecer a organização visual e a manutenção da atenção em estudantes com TDAH, transtorno do processamento sensorial, sensibilidade visual ou cefaleias induzidas por contraste (como na síndrome de Irlen/hipersensibilidade escotópica) e em contextos de baixa visão, desde que o uso da cor não seja o único canal informacional e esteja articulado a marcadores táteis e rotulagem textual. Essa hipótese encontra sustentação em Moreno (2018), ao sugerir que o uso planejado e criterioso das cores em ambientes frequentados por crianças autistas

¹⁴ Segundo Centurión (1994, p. 155), o conhecido “vai um” na adição com reserva ou adição com transporte, corresponde ao transporte de uma unidade de ordem superior (dezena, centena ou milhar), que se forma quando a soma dos algarismos ultrapassa nove. De modo análogo, na subtração com reserva ocorre o processo de empréstimo, no qual uma unidade da ordem seguinte é transformada em dez unidades da ordem atual, viabilizando a operação.

pode estar associado a melhorias em seu desenvolvimento, promovendo maior conforto, bem-estar e condições mais favoráveis de aprendizado. Assim, a escolha de paletas cromáticas adequadas, especialmente em tonalidades suaves, pode configurar-se como uma estratégia pedagógica e inclusiva em potencial, cujos efeitos merecem ser aprofundados em pesquisas futuras, considerando a influência psicológica e sensorial das cores no processo de aprendizagem e de convivência social.

Essa configuração final (Figura 37) materializou um recurso didático inclusivo, tecnicamente robusto com técnica de produção viável e pedagogicamente alinhado às exigências de acessibilidade e ao ensino do Sistema de Numeração Decimal.

Figura 37 – BrailleOperMat em sua configuração modular de três linhas



Fonte: A cervo do autor, 2025.

5.6 Considerações sobre o processo de desenvolvimento

O desenvolvimento do BrailleOperMat ocorreu como um percurso de experimentação orientada, escuta qualificada e ajustes sucessivos. Da concepção preliminar à versão final, cada modificação resultou do diálogo estabelecido entre pesquisador, pessoas cegas, estudantes, especialistas e orientadora, o que qualificou a tomada de decisão técnica e pedagógica. Esse caminho valorizou a contribuição dos participantes envolvidos e apoiou escolhas

de design que privilegiaram a inteligibilidade tátil, a segurança no manuseio e a coerência com os objetivos de aprendizagem.

A adoção de protótipos intermediários possibilitou testar hipóteses de forma controlada e corrigir fragilidades identificadas nas aplicações. A padronização dos pontos *braille* segundo a ABNT NBR 9050, a reorganização das inscrições em tinta e a revisão do arranjo posicional das ordens numéricas mostraram-se decisivas para a legibilidade e para a equidade no uso por pessoas cegas, com baixa visão e normovisuais. Em paralelo, a solução de conexão modular e a separação entre base estrutural e face personalizada reduziram custos e complexidade de produção, mantendo estabilidade mecânica e ampliando a escalabilidade do BrailleOperMat.

Um avanço pedagógico central ocorreu quando se consolidou a organização modular em três linhas, com a linha superior dedicada ao “vai um”, a linha intermediária destinada às parcelas e ao operador e a linha inferior reservada ao resultado. Essa arquitetura materializou, de modo tátil e explícito, o conceito abstrato do reagrupamento, usualmente pouco vivenciado por pessoas com deficiência visual em situações didáticas convencionais. Ao permitir registrar, guardar e manipular fisicamente o “vai um”, o BrailleOperMat traduziu um procedimento mental em ação tátil sequenciada, favorecendo o raciocínio posicional no Sistema de Numeração Decimal e igualando a experiência de aprendizagem àquela vivenciada por estudantes normovisuais.

Outra decisão de projeto que se mostrou estratégica envolveu o uso de faces personalizáveis em cores, em conjunto com impressão utilizando filamentos em tons pastéis. Essa combinação conferiu conforto a olhos sensíveis e transmitiu informações em dupla modalidade, respeitando o princípio de comunicação em dois sentidos (visual e tátil) e alinhando-se à audiodescrição didática, de modo a abranger os sentidos tátil, visual e auditivo no processo de ensino. Ao integrar cor sem torná-la o único canal informacional, e ao articular relevo, contraste e descrição oral, o BrailleOperMat trouxe equidade à sala de aula, permitindo aprendizagem no mesmo contexto a estudantes com deficiência visual e normovisuais. Nessa perspectiva, enquadrou-se como recurso valioso para futuras pesquisas na temática do Desenho Universal para a Aprendizagem

(DUA), podendo ampliar caminhos para ensinar matemática sob a ótica de equidade, especialmente no contexto do Sistema de Numeração Decimal.

O processo manteve alinhamento com pressupostos socioconstrutivistas, ao reconhecer a mediação como elemento central da aprendizagem, e com práticas contemporâneas de design de materiais educacionais, ao integrar iteração, validação com os sujeitos envolvidos e critérios normativos de acessibilidade. As decisões de engenharia seguiram parâmetros de controle dimensional e de ergonomia, ao mesmo tempo em que preservaram o sentido pedagógico do material como mediador do Sistema de Numeração Decimal e de suas operações.

Como resultado, o BrailleOperMat alcançou maturidade técnica e didática compatível com sua função de produto educacional inclusivo, pronto para ser empregado em contextos de sala de aula e formação docente. A sistemática de desenvolvimento empregada também deixou um repertório de diretrizes para futuras versões e para a concepção de novos manipuláveis acessíveis. Na seção seguinte apresentam-se os resultados e a discussão, evidenciando como as escolhas de design influenciaram a aprendizagem e a usabilidade observadas nas aplicações realizadas.

6 RESULTADOS DA PESQUISA

Os resultados desta investigação indicaram que a articulação entre o material manipulável *BrailleOperMat* e a audiodescrição didática potencializou a compreensão do conceito de número, do Sistema de Numeração Decimal e de operações aritméticas por estudantes com deficiência visual. Esse potencial evidenciou-se na tradução tátil do reagrupamento — o “*vai um*” — por meio da arquitetura modular em linhas, na leitura consistente em *braille* e na organização por ordens com registros explícitos, favorecendo a equivalência entre o procedimento tátil e o algoritmo escolar.

A viabilização do protótipo ocorreu em um arranjo de formação continuada em Modelagem 3D, Prototipação e Impressão 3D na Universidade Federal do Acre, que permitiu converter esboços manuais em modelos tridimensionais, preparar os arquivos para manufatura aditiva e imprimir as peças por fatiamento e deposição em superfície plana. Esse percurso técnico-pedagógico consolidou um modelo de produção viável e alinhado às exigências de acessibilidade, oferecendo a base material para a investigação didática.

No processo de intervenção, as pessoas com deficiência visual mobilizaram múltiplas facetas do número ao representar, nos módulos de unidades, dezenas e centenas do *BrailleOperMat*, quantidades do cotidiano (peso, número do calçado, endereço residencial, idade, salário) e sugeriram a formulação de problemas contextualizados às suas realidades formativas. Os registros nos instrumentos de coleta documentaram a necessidade de ajustes pontuais no protótipo, nas sequências de atividades e nos roteiros de audiodescrição didática, configurando um ciclo sistemático de melhoria contínua orientado pelas observações dos próprios participantes.

Especialistas em *braille* e audiodescrição, em diálogo com a orientadora, propuseram incluir uma marcação tátil no canto superior esquerdo da placa para indicar a posição correta de leitura de cada módulo, fortalecendo a consistência do manuseio e a orientação espacial. Com essas iterações, o protótipo evoluiu para: (i) escrita *braille* mais limpa e estável ao tato; (ii) orientação posicional inequívoca; e (iii) mobilidade adequada das contas. O conjunto resultou em um modelo de produção viável e pedagogicamente alinhado. Esse percurso

confirmou a pertinência do *BrailleOperMat* aliado à audiodescrição didática como estratégia de ensino acessível, assegurando a coerência entre a experiência tátil dos estudantes e os procedimentos ensinados na escola e consolidando o Produto Educacional como recurso replicável em diferentes contextos.

No que se refere às contribuições e à originalidade, as intervenções realizadas com os participantes Lua e Estrela no Núcleo de Apoio à Inclusão (NAI/UFAC), com Sol no CEADV/CAP-AC, com professores em formação do Curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Federal do Acre (em Rio Branco e Jordão), com docentes dos Anos Iniciais da Escola Estadual Maria Angélica de Castro e, ainda, no âmbito do XV Encontro Nacional de Educação Matemática (ENEM) em Manaus, evidenciaram a transferibilidade inicial do recurso para diferentes contextos educativos e perfis de usuários. A construção e o aperfeiçoamento do *BrailleOperMat* exigiram ajustes contínuos, validando a relevância do processo iterativo no desenvolvimento de tecnologia assistiva.

Melhorias como a ampliação do espaço das fendas em 0,25 mm, a fixação mais firme das contas cilíndricas, a inserção de marcações em braille e caracteres ampliados e a organização modular em três linhas foram apontadas pelos sujeitos como determinantes para a usabilidade. A presença do bloco do “*vai um*” (na primeira linha tátil) constituiu um marco ao traduzir de forma concreta um conceito matemático abstrato. Esses achados convergem com Ferronato (2002), ao enfatizar a importância de materiais manipuláveis para que estudantes cegos compreendam conceitos abstratos por meio do tato, e dialogam com Berbetz (2019), ao indicar que recursos concebidos sob a perspectiva do Desenho Universal para a Aprendizagem ampliam a acessibilidade e favorecem a equidade.

As atividades que exploraram dados pessoais, como idade e endereço, favoreceram a compreensão das ordens e classes numéricas e reforçaram o papel do contexto sociocultural como mediador da aprendizagem, em consonância com a perspectiva de Vigotski sobre a internalização do conhecimento por meio da interação social e de ferramentas culturais. A audiodescrição didática mostrou-se complementar e necessária ao tornar explícitos conceitos e operações, acompanhar em tempo real os processos de

agrupamento de dez, a identificação das ordens numéricas e a leitura dos resultados, compondo uma experiência multisensorial que mobilizou sentidos tátil, auditivo e, quando pertinente, visual.

Reconhecem-se limitações que orientam leituras prudentes: o número de participantes foi reduzido; o tempo de aplicação, restrito; o escopo conceitual concentrou-se nos números naturais (sem implementação, neste estudo, para inteiros, números decimais e frações); não foram testadas rotinas específicas do algoritmo da divisão euclidiana em base dez; e permanece a necessidade de ampliar a formação docente para o uso integrado do *BrailleOperMat* e da audiodescrição didática. Ainda assim, os resultados indicam que o produto, associado à audiodescrição didática, apresenta elevado potencial pedagógico e atende a critérios técnicos de legibilidade tátil, além de possuir modularidade que facilita expansão, manutenção e uso docente.

As implicações práticas e os desdobramentos incluem: ampliar o escopo para inteiros, decimais e frações; projetar e testar um protocolo específico para a divisão longa com mediação tátil e audiodescritiva; realizar estudos com amostras ampliadas e acompanhamento longitudinal para verificar retenção, transferência e impacto; e fortalecer materiais de apoio como guias de uso, roteiros de audiodescrição didática e sequências didáticas alinhadas ao currículo. Sugere-se, ainda, consolidar estratégias de formação continuada para docentes, estabelecer procedimentos de fabricação e manutenção que assegurem padrão de qualidade e disponibilizar repositórios com arquivos de modelagem 3D e instruções de montagem, favorecendo a replicação responsável e a escalabilidade do uso.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Retomamos ao problema de pesquisa: *De que maneira o uso do material manipulável BrailleOperMat e da audiodescrição didática podem potencializar a compreensão do conceito de número, do Sistema de Numeração Decimal e das operações matemáticas de estudantes com deficiência visual?*

Para responder a essa questão, partiu-se do primeiramente do reconhecimento do estado da arte sobre deficiência visual, materiais manipuláveis e audiodescrição didática. O mapeamento do Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, de pesquisas do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática da UFAC e dos anais dos Encontros Nacionais de Educação Matemática Inclusiva evidenciou a centralidade dos sentidos táteis e auditivos na aprendizagem matemática e indicou o *braille* e a audiodescrição didática como tecnologias assistiva relevante, especialmente na Unidade Temática de Números. A partir desse quadro, delineou-se a proposta de ensinar adição, subtração e multiplicação em bases equitativas, o que motivou a concepção do BrailleOperMat como material manipulável acessível.

À luz do percurso descrito e dos resultados obtidos, reúnem-se evidências consistentes de que os objetivos específicos desta pesquisa foram alcançados. Com base no mapeamento teórico, nas iterações de design do *BrailleOperMat*, nas atividades desenvolvidas com audiodescrição didática e nas aplicações com pessoas cegas, organizam-se a seguir os principais achados em correspondência direta com cada objetivo: (i) o mapeamento de pesquisas e documentos permitiu identificar fundamentos teóricos e recomendações metodológicas sobre deficiência visual, recursos táteis e audiodescrição, que orientaram a concepção e a seleção de estratégias nesta dissertação; (ii) o desenvolvimento do *BrailleOperMat*, em ciclo iterativo de esboços, protótipos e ajustes, consolidou decisões de design, como conexão modular, padronização em *braille* e arranjo posicional, diretamente relacionadas à inteligibilidade tátil e à equidade de uso; (iii) as atividades didáticas sobre ordens, classes e operações, associadas a roteiros de audiodescrição, sustentaram o acesso semiótico ao Sistema de Numeração Decimal e materializaram o reagrupamento como ação tátil sequenciada; (iv) as aplicações com pessoas cegas,

identificadas como Lua, Sol e Estrela, evidenciaram viabilidade de reagrupamento posicional, leitura *braille* consistente e equivalência procedural ao algoritmo escolar, retroalimentando melhorias pedagógicas e de engenharia do protótipo; (v) o Produto Educacional foi construído e validado, culminando em configuração modular em três linhas, tecnicamente robusta e alinhada às exigências de acessibilidade para o ensino do Sistema de Numeração Decimal.

Entre os aprimoramentos implementados, destacaram-se ganhos de legibilidade tátil e padronização da escrita em *braille*, ajuste de espaçamentos entre celas, reposicionamento das iniciais das ordens, uniformização do topo esférico dos pontos e maior liberdade de movimento das contas cilíndricas, incluindo recomendações para maior retenção nas fendas.

Em termos teórico-metodológicos, os resultados dialogam com a literatura que atribui à audiodescrição intencionalidade pedagógica e papel de acessibilidade comunicacional no ensino de matemática, ao permitir que noções abstratas sejam apreendidas por meio de verbalizações estruturadas de representações táteis ou gráficas. Em conjunto, tais evidências confirmam a maturidade técnica e didática do *BrailleOperMat*, compatível com sua função de recurso educacional inclusivo.

Os dados empíricos articulados aos referenciais teóricos sustentam que o *BrailleOperMat*, tornou táteis os conceitos centrais do Sistema de Numeração Decimal, como valor posicional e reagrupamento, promoveu condições de equidade entre estudantes cegos e normovisuais em consonância com princípios do Desenho Universal para a Aprendizagem e foi validado de modo participativo com estudantes, especialistas e docentes em diferentes contextos institucionais. Conclui-se que o *BrailleOperMat*, aliado à audiodescrição didática, constitui contribuição original e promissora para a Educação Matemática Inclusiva, reafirmando a acessibilidade, a mediação e a interação social como fundamentos para a aprendizagem de estudantes com deficiência visual e apontando caminhos concretos para a consolidação de práticas inclusivas, escaláveis e formativas no ensino de matemática.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, M. A. Acessibilidade comunicacional: uma proposta de estruturação dos serviços informacionais para pessoas com deficiência visual nas bibliotecas da UFRB. 2021. 167 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação Científica, Inclusão e Diversidade) — Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Feira de Santana, 2021. Disponível em: <https://www.ufrb.edu.br/ppgecid/images/Disserta%C3%A7%C3%B5es_e_Resumos/Disserta%C3%A7%C3%A3o_FINAL_-_Magali_Alves_Albuquerque_.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2025.

ALDERSON, W. Marketing efficiency and the principle of postponement. *Cost and Profit Outlook*, [S. l.], n. 3, p. 15–18, 1950.

ALTINO FILHO, H. V.; ALVES, L. M. N. O protagonismo do aluno na educação matemática. *Revista Pensar Acadêmico*, [S. l.], v. 18, n. 2, 2019. Disponível em: <<https://pensaracademico.unifacig.edu.br/index.php/semiariocientifico/article/view/290>>. Acesso em: 13 mai. 2025.

ARAÚJO, D. G. de. Sistema Web de Ensino de Matemática (SWEM): uma proposta de ensino de matemática para estudantes com deficiência visual. 2022. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) — Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2022. Disponível em: <https://sucupira-legado.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=13516415>. Acesso em: 29 mai. 2025.

ARAGÃO, L. H. Educação inclusiva: fundamentos históricos, conceituais e legais. In: ENCONTRO LUSO-BRASILEIRO SOBRE O ACESSO À INFORMAÇÃO, 2., 2015, João Pessoa. Anais... João Pessoa: Editora Realize, 2015. Disponível em: <<https://www.editorarealize.com.br>>.

ARRUDA, F. N. A formação de professores de ciências na perspectiva da educação inclusiva na Universidade Federal do Acre. 2017. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) — Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2017. Disponível em: <<http://www2.ufac.br/mpecim/menu/dissertacoes/turma-2015/dissertacao-fernando-neri-de-aruda.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2025.

ARRUDA, K. N. Formação docente por meio da tecnologia assistiva em um ambiente virtual de aprendizagem para ensinar conceitos matemáticos para alunos com deficiência visual. 2019. 159 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) — Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2019. Disponível em: <<http://www2.ufac.br/mpecim/menu/dissertacoes/turma-2016/dissertacao-keuri-neri-de-arruda-1.pdf>>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050:2020 — Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

BANDEIRA, S. M. C. Olhar sem os olhos: cognição e aprendizagem em contextos de inclusão – estratégias e percalços na formação inicial de docentes de matemática. 2015. 489 f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e Matemática) — Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2015.

BERBETZ, M. R. Educação matemática inclusiva: o material didático na perspectiva do desenho universal para a área visual. 2019. 149 f. Dissertação (Mestrado em Educação: Teoria e Prática de Ensino) — Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019. Disponível em: <https://sucupira-legado.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=8085118#>. Acesso em: 5 fev. 2025.

BERSCH, R. Introdução à tecnologia assistiva. [S. l.], 2017. 20 f. Disponível em: <https://www.assistiva.com.br/Introducao_Tecnologia_Assistiva.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2025.

BEZERRA, M. de L. E.; MARTINS, J. de L. Atendimento educacional aos alunos com deficiência visual na Ufac. Benjamin Constant, [S. l.], n. 54, 2013. Disponível em: <<https://revista.ibr.gov.br/index.php/BC/article/view/390/103>>.

BRASIL. Decreto nº 3.298, de 20 de dezembro de 1999. Regulamenta a Lei nº 7.853, de 24 de outubro de 1989... Brasília, DF, 1999. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D3298.htm>. Acesso em: 10 fev. 2025.

BRASIL. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Brasília, DF, 2015. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm>. Acesso em: 21 jan. 2025.

BRASIL. Lei nº 14.126, de 22 de março de 2021. Classifica a visão monocular como deficiência sensorial, do tipo visual. Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14126.htm>. Acesso em: 10 fev. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/escola-em-tempo-integral/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Covid-19. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/c/covid-19>>. Acesso em: 29 mai. 2025.

BRASIL. Subsecretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência. Comitê de Ajudas Técnicas. Tecnologia Assistiva. Brasília, DF: CORDE, 2009. Disponível em: <https://www.galvaofilho.net/livro-tecnologia-assistiva_CAT.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2025.

CENTURIÓN, M. Números e operações: conteúdo e metodologia da matemática. São Paulo: Scipione, 2006. (Série Didática – Classes de Magistério).

CERQUEIRA, J. B.; FERREIRA, E. M. B. Recursos didáticos na educação especial. Revista IBC, [S. l.], n. 15, 2000. Disponível em: <<https://revista.ibc.gov.br/index.php/BC/issue/view/100>>. Acesso em: 11 fev. 2025.

DANTE, L. R.; VIANA, F. Ápis Mais: Matemática — 5º ano. Manual do Professor. 1. ed. São Paulo: Ática, 2021. (Ápis Mais — Matemática).

DIAS, M. E. P. Ver, não ver e conviver. Lisboa: Secretariado Nacional para a Reabilitação e Integração das Pessoas com Deficiência, 2005.

DINIZ, D. O que é deficiência. São Paulo: Brasiliense, 2007. (Coleção Primeiros Passos).

FARIAS, J.; VAZ, G. Mediação pedagógica: uma análise para além da mera utilização dos recursos digitais. Revista Educação Pública, [S. l.], v. 24, n. 28, 2023. Disponível em: <<https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/24/28/mediacao-pedagogica-uma-analise-para-alem-da-mera-utilizacao-dos-recursos-digitais>>. Acesso em: 13 mai. 2025.

FARIAS, V. C. Bricks Braille Químico: implicações pedagógicas para o ensino de Química a estudantes com deficiência visual. 2023. Dissertação (Mestrado) — Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2023. Disponível em: <https://sucupira-legado.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=14906006>. Acesso em: 14 mai. 2025.

FERREIRA, C. S. Materiais didáticos adaptados e o foco da atenção potencializando o aprendizado de estudantes cegos em matemática. 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) — Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2019. Disponível em: <<http://www2.ufac.br/mpecim/menu/dissertacoes/turma-2016/dissertacao-cristhiane-de-souza-ferreira.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2024.

FERREIRA, E. X. et al. BrailleOperMat: um material manipulável para o ensino de Matemática Inclusiva. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 15., 2025, Manaus. *Anais...* Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2025. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/enem2025/>. DOI: 10.29327/9786527218050.

FERRONATO, R. A construção de instrumento de inclusão no ensino da matemática. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) — Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

FERRY, A.; FARIAS, V. C. Confecção de um recurso didático para o ensino da grafia química braille a estudantes com deficiência visual. Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica, [S. l.], v. 1, n. 24, p. 1–20, 2024. DOI: 10.15628/rbept.2024.14897. Disponível em: <<https://doi.org/10.15628/rbept.2024.14897>>. Acesso em: 14 mai. 2025.

FRANCISCO, H. C. V. B. O desenvolvimento de livros sensoriais como materiais de apoio para o ensino de habilidades matemáticas na Educação Infantil: uma perspectiva inclusiva considerando discentes com deficiência visual. 2021. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2021. Disponível em: <https://sucupira-legado.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=11209915>. Acesso em: 29 mai. 2025.

GALVÃO FILHO, T. Educação inclusiva e tecnologia assistiva: a promoção da igualdade de oportunidades. In: DUTRA, C. P. (org.). Educação em pauta 2024: desafios da educação especial na perspectiva inclusiva no Brasil. Brasília, DF: Organização dos Estados Ibero-americanos, 2025. p. 317–331. Disponível em: <https://www.galvaofilho.net/educacao-inclusiva_ta.pdf>. Acesso em: 24 mai. 2025.

GARCEZ, W. R.; MARTINS, R. L. S.; RIBEIRO, R. K. C. O uso do soroban como recurso de perspectiva inclusiva: relato de experiência numa turma regular em que alunos deficientes visuais são protagonistas. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA INCLUSIVA (ENEMI), 1., 2019. Anais... [S. l.: s. n.], 2019. Disponível em: <<https://www.sbemrasil.org.br/ocs/index.php/ENEMI/ENEMI2019/paper/viewFile/899/1032>>. Acesso em: 30 jan. 2025.

GARLAND-THOMSON, R. The Politics of Staring: Visual Rhetorics of Disability in Popular Photography. In: SNYDER, S. L.; BRUEGGEMANN, B. J.; GARLAND-THOMSON, R. (org.). Disability Studies: Enabling the Humanities. New York: Modern Language Association, 2002. p. 56–75. Disponível em: <<https://thowe.pbworks.com/f/politics.of.staring.pdf>>.

GÓES, A. R. T. et al. Educação especial e inclusiva: práticas inclusivas e transformadoras no ambiente escolar. Curitiba: Universidade Federal do Paraná – GEPETeL, 2025. Disponível em: <<https://exatas.ufpr.br/degraf-gepetel/wp-content/uploads/sites/37/2025/08/Educacao-inclusiva-1.pdf>>. Acesso em: 4 out. 2025.

GOLDENBERG, M. A arte de pesquisar: como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais. Rio de Janeiro: Record, 2011.

GOMES, A. A. S.; RIBEIRO, F. T. F.; MENDES, R. M. A experiência de utilizar o soroban e o material dourado no ensino de matemática a um estudante cego. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA INCLUSIVA (ENEMI), 1., 2019. Anais... [S. l.: s. n.], 2019. Disponível em: <<https://www.sbemrasil.org.br/ocs/index.php/ENEMI/ENEMI2019/paper/viewFile/936/822>>. Acesso em: 31 jan. 2025.

GUELLI, O. Matemática: volume único. São Paulo: Ática, 2006.

HOFFMANN, L. O.; GELLER, M.; GROEWNALD, C. L. O. Inclusão de um estudante cego no Ensino de Matemática: o uso de materiais táteis e tecnologias assistivas no desenvolvimento dos campos conceituais. In: ENCONTRO

NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA INCLUSIVA (ENEMI), 3., 2023. Anais... [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: <<https://www.sbemrasil.org.br/ocs/index.php/ENEMI/enemi2023/paper/viewFile/2205/1933>>. Acesso em: 31 jan. 2025.

KALEFF, A. M. M. R. Recursos didáticos manipulativos potenciais para Educação Matemática Inclusiva de pessoas com deficiência visual. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA INCLUSIVA (ENEMI), 1., 2019. Anais... [S. l.: s. n.], 2019. Disponível em: <<https://www.sbemrasil.org.br/ocs/index.php/ENEMI/ENEMI2019/paper/viewFile/1126/1097>>. Acesso em: 30 jan. 2025.

LORENZATO, S. Educação infantil e percepção matemática. 1. ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2017. Recurso eletrônico (e-book). (Coleção Formação de Professores).

LORENZATO, S. Para aprender matemática. 3. ed. rev. Campinas, SP: Autores Associados, 2010. (Coleção Formação de Professores).

MANTOAN, M. T. E. Inclusão escolar: o que é? Por quê? Como fazer? São Paulo: Moderna, 2003.

MARINHO, A. G.; FURTADO, S. C.; NUNES, R. P. (org.). Tecnologia assistiva na educação básica e superior: recursos e serviços para atuação com estudantes com deficiência. Curitiba: CRV, 2022.

MARINHO, G. L. Metodologias no ensino de física para deficientes visuais utilizando a cartografia tátil. 2017. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) — Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2017. Disponível em: <<http://www2.ufac.br/mpecim/menu/dissertacoes/turma-2015/dissertacao-gustavo-de-lima-marinho.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2024.

MARTINS, C. M. A. A audiodescrição como acessibilidade em aulas de matemática a pessoas com deficiência visual. 2024. 96 f. Dissertação (Mestrado em Educação) — Universidade Estadual Paulista, Marília, 2024.

MENDES, I. R. Censo Escolar 2023: país mantém crescimento de matrículas em escolas inclusivas. [S. l.], 2024. Disponível em: <<https://diversa.org.br/noticias/censo-escolar-2023-pais-mantem-crescimento-de-matriculas-em-escolas-inclusivas/>>.

MENDES, R. H. (org.). Educação inclusiva na prática. São Paulo: Fundação Santillana, 2020. Disponível em: <<https://www.fundacaosantillana.org.br>>.

MIRANDA, K. F. M. G. S.; PIRES, M. N. M. Matemática e materiais manipuláveis nos anos iniciais: uma revisão bibliográfica. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA (ENEM), 13., 2019. Anais... [S. l.: s. n.], 2019.

MORAES, L. L. M. Aplicação do multiplano como alternativa metodológica no ensino das quatro operações fundamentais para alunos com deficiência visual. 2023. 255 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas) — Universidade Federal do Pará, Belém, 2023.

Disponível em: <<https://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/15942>>. Acesso em: 6 fev. 2025.

MORAES, O. J. B. Sistema Braille aplicado à Matemática. In: MELO, J. R. (org.). 40 anos do curso de Matemática da Universidade Federal do Acre: trabalhos apresentados durante a I Semana de Matemática. Rio Branco: [s. n.], 2012. p. 345–347.

MORENO, L. C. A influência das cores no desenvolvimento de crianças autistas. Revista Científica de Arquitetura, Engenharia e Análise de Desenvolvimento de Sistemas, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 11–23, 2018. Disponível em: <<https://revistas.fasipe.com.br/index.php/readfasipe/article/download/16/17/69>>. Acesso em: 21 set. 2025.

NUNES, I. N. C. Jogo didático de calorimetria com audiodescrição e braile para inclusão. 2020. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) — Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2020. Disponível em: <<http://www2.ufac.br/mpecim/menu/dissertacoes/turma-2019/dissertacao-ingrath-narrayany-da-costa-nunes.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2025.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Naming the coronavirus disease (COVID-19) and the virus that causes it. [S. l.]: OMS, 2020. Disponível em: <<https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/technical-guidance/naming-the-coronavirus-disease>>.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Relatório mundial sobre visão. Genebra: OMS, 2021. Disponível em: <<https://www.who.int/publications-detail/world-report-on-vision>>. Acesso em: 10 fev. 2025.

REILY, L. Escola inclusiva: linguagem e mediação. 4. ed. Campinas, SP: Papirus, 2011. (Série Educação Especial).

REYS, R. E. Considerations for teaching using manipulative materials. Arithmetic Teacher, [S. l.], v. 18, n. 8, p. 551–558, 1971. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/41186429>>. Acesso em: 12 fev. 2025.

SÁ, E. D.; CAMPOS, I. M.; SILVA, M. B. C. Atendimento educacional especializado: deficiência visual. Brasília, DF: SEESP/SEED/MEC, 2007. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/ae_dv.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2025.

SALTON, B. P.; AGNOL, A. D.; TURCATTI, A. Manual de acessibilidade em documentos digitais. Bento Gonçalves: Instituto Federal do Rio Grande do Sul, 2017.

SANTOS, C. N. Os materiais adaptados como facilitadores no processo de ensino e aprendizagem da disciplina de Química para alunos com deficiência visual. 2021. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) — Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2021. Disponível em: <<http://www2.ufac.br/mpecim/menu/dissertacoes/turma-2018/dissertacao-cristina-nogueira-dos-santos.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2025.

SANTOS, L. C. Perspectiva para inclusão do estudante com deficiência visual através da audiodescrição didática: o uso de roteiros de imagem estática para aulas de matemática. 2022. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso — Instituto Federal da Paraíba, Cajazeiras, 2022. Disponível em: <<https://repositorio.ifpb.edu.br/handle/177683/2503>>. Acesso em: 13 fev. 2025.

SANTOS, M. de S. S. A percepção espacial de pessoas com deficiência visual: estudo de caso em ambientes de restaurantes em João Pessoa-PB. 2015. 227 f. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/8400/2/arquivototal.pdf>>. Acesso em: 23 mai. 2025.

SANTOS, N. B. Audiodescrição, braile e recurso tátil na formação inicial de professores de ciências na perspectiva da inclusão de alunos com deficiência visual. 2024. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) — Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2024. Disponível em: <<http://www2.ufac.br/mpecim/menu/dissertacoes/turma-2022/dissertacao-nelson-batista-dos-santos.pdf>>. Acesso em: 29 jan. 2025.

SASSAKI, R. K. Inclusão: acessibilidade no lazer, trabalho e educação. Revista Nacional de Reabilitação (Reação), São Paulo, ano XII, mar./abr., p. 10–16, 2009. Disponível em: <https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/211/o/SASSAKI_-_Acessibilidade.pdf?1473203319>. Acesso em: 11 fev. 2025.

SHANNON, C. Entrevista concedida a Robert Price. Lexington, MA, EUA: IEEE History Center, 28 jul. 1982. Oral History. Disponível em: <https://ethw.org/Oral-History%3AClaude_E._Shannon>. Acesso em: 2 mai. 2025.

SILVA, D. F. G. da; LEITE, H. C. A.; PALMEIRA, C. A. Multiplicação na ponta dos dedos: gelosia para alunos com deficiência visual. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA INCLUSIVA (ENEMI), 2., 2020. Anais... [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em: <<https://www.sbemrasil.org.br/ocs/index.php/ENEMI/ENEMI2020/paper/viewFile/1384/1282>>. Acesso em: 31 jan. 2025.

SILVA, J. L. L. O podcast para ensino das operações matemáticas e medidas de tendência central com o soroban: percepções na formação inicial de professores. 2024. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) — Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2024. Disponível em: <<http://www2.ufac.br/mpecim/menu/dissertacoes/turma-2022/dissertacao-jose-leoncio-de-lima-silva.pdf>>. Acesso em: 29 jan. 2025.

SILVA, S. M. P. da; CARVALHO, L. M. T. L. de. Considerações de brailistas sobre um material manipulável para o ensino de média aritmética para estudantes cegos. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA INCLUSIVA (ENEMI), 2., 2023. Anais... [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: <<https://www.sbemrasil.org.br/ocs/index.php/ENEMI/enemi2023/paper/viewFile/2203/1800>>. Acesso em: 31 jan. 2025.

SILVEIRA, C. Ensino de ângulos a alunos cegos: uma proposta de acesso às representações semióticas. 2023. 115 f. Dissertação (Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias) — Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2023. Disponível em: <https://sucupira-legado.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=14044428#>. Acesso em: 5 fev. 2025.

SIMÕES, G. S. Possibilidades do uso de impressão 3D no desenvolvimento de recursos didáticos no ensino de ciências para alunos com deficiência visual: um mapeamento em teses e dissertações (2013 a 2022). 2023. 218 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática) — Universidade Cruzeiro do Sul, São Paulo, 2023.

SOUSA, T. C. A. O uso de tecnologias assistivas táteis e audiodescritivas no ensino de Química para alunos com deficiência visual. 2017. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) — Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2017. Disponível em: <<http://www2.ufac.br/mpecim/menu/dissertacoes/turma-2015/dissertacao-tamyla-cristina-alves-de-sousa.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2025.

SOUZA, F. M. A audiodescrição como recurso no ensino de matemática para o estudante cego. 2024. 168 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) — Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2024. Disponível em: <https://sucupira-legado.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=15132414#>. Acesso em: 6 fev. 2025.

TELES, J. C. R. G. Estratégias de ensino com tampas de garrafa PET para a aprendizagem de MMC e frações a uma estudante cega do 6º ano. 2020. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) — Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2020. Disponível em: <<http://www2.ufac.br/mpecim/menu/dissertacoes/turma-2018/dissertacao-john-cleyne-rodrigues-gomes-teles.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2025.

TOLEDO, Marília; TOLEDO, Mauro. Didática de matemática: como dois e dois: a construção da matemática. São Paulo: FTD, 1997.

TRIVIÑOS, A. N. S. Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987.

UFAC. Resolução nº 50, de 19 de setembro de 2013: dispõe sobre a estrutura organizacional da Pró-Reitoria de Assuntos Estudantis – PROAES, incluindo o Núcleo de Apoio à Inclusão (NAI) como unidade de apoio. Rio Branco: Universidade Federal do Acre, 2013. Disponível em: <<https://www2.ufac.br/site/ocs/conselho-universitario/resolucoes/resolucoes-de-2013/resolucao-no-50-de-19-de-setembro-de-2013>>.

VERGARA-NUNES, E. Audiodescrição didática. 2016. 412 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) — Universidade Federal de Santa

Catarina, Florianópolis, 2016. Disponível em: <https://sucupira-legado.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=3610597>. Acesso em: 6 fev. 2025.

VIGOTSKI, L. S. A defectologia e o estudo do desenvolvimento e da educação da criança anormal. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 861–870, 2011. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/ep/article/view/28306>>. Acesso em: 14 fev. 2025.

VIGOTSKI, L. S. A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. Tradução: José Cipolla Neto; Luís Silveira Menna Barreto; Solange Castro Afeche. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007. (Psicologia e Pedagogia).

VILELA, G. B. As adaptações em matemática com o uso do sistema braille: possibilidades de uma formação continuada e inicial de professores. 2023. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) — Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2023. Disponível em: <<http://www2.ufac.br/mpecim/menu/dissertacoes/turma-2020/dissertacao-girlane-brana-vilela.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2025.

VILELA, G. B.; BANDEIRA, S. M. C. As adaptações em Matemática com o uso do Sistema Braille: possibilidades na formação inicial em Matemática. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA INCLUSIVA (ENEMI), 3., 2023. Anais... [S. l.: s. n.], 2023. Disponível em: <<https://www.sbembrasil.org.br/ocs/index.php/ENEMI/enemi2023/paper/viewFile/2369/1894>>. Acesso em: 31 jan. 2025.

ZEHETMEYR, T. R. O.; FILHO, R. C. M. F.; VERGARA-NUNES, E. Guia prático: produção de audiodescrição didática. Pelotas: Instituto Federal Sul-Rio-Grandense, 2016. Produto educacional. Disponível em: <<https://proedu.rnp.br/handle/123456789/939>>. Acesso em: 13 fev. 2025.

APÊNDICE A – Roteiro para Entrevista com Estudantes

VALIDAÇÃO DO BRAILLEOPERMAT

Roteiro para Entrevista com Estudantes

1. Apresentação Inicial

- Explique o objetivo da entrevista: entender como o BrailleOperMat contribuiu (ou não) para a aprendizagem matemática.
 - Assegure que todas as respostas serão confidenciais e utilizadas apenas para fins de pesquisa e melhoria do material.
-

2. Identificação e Perfil do Entrevistado

1. Qual é o seu nome (opcional)?
 2. Você está em qual série/ano da escola?
 3. Você já teve contato com outros materiais táteis ou recursos acessíveis para aprender matemática? Quais?
-

3. Primeiras Impressões sobre o BrailleOperMat

4. Como você se sentiu ao manipular o BrailleOperMat pela primeira vez?
 5. Foi fácil entender para que servem os blocos e contas? Por quê?
-

4. Compreensão da Estrutura do Material

6. O que você achou da forma como os blocos são montados para representar os números (unidades, dezenas, centenas etc.)?
 7. As marcações em Braille e em tinta (se aplicável) foram úteis para identificar as ordens dos números?
 8. Você conseguiu perceber claramente onde estavam as contas e associar aos números representados?
-

5. Compreensão das Operações Matemáticas

9. Você conseguiu entender como realizar uma adição, subtração, multiplicação ou divisão com o BrailleOperMat?
 10. O bloco do operador (com o símbolo da operação) ajudou a compreender o tipo de conta a ser feita?
 11. O bloco do “vai um” foi útil para entender o transporte nas operações? Como você usou ele?
-

6. Audiodescrição Didática (se utilizada)

12. Você ouviu alguma explicação com audiodescrição enquanto usava o BrailleOperMat? Se sim, como foi essa experiência?
13. A audiodescrição ajudou você a entender melhor o que estava sendo trabalhado com o BrailleOperMat?

14. O que poderia ser melhorado nas explicações em áudio?

7. Potencial de Aprendizagem

15. Com o BrailleOperMat, ficou mais fácil entender como funcionam os números e as operações? Por quê?
16. Você se sente mais seguro para fazer contas depois de usar o material?
17. Que tipo de atividade matemática você gostaria de aprender com o BrailleOperMat?
-

8. Usabilidade e Acessibilidade

18. Você achou o material confortável de usar? Teve alguma dificuldade para encaixar as peças ou posicionar as contas?
19. As marcações em Braille estavam fáceis de ler?
20. Houve alguma parte do material que não funcionou bem para você?
-

9. Sugestões de Melhoria

21. O que você mudaria ou adicionaria ao BrailleOperMat para que ele te ajudasse mais?
22. Se você pudesse dar uma nota de 0 a 10 para o BrailleOperMat, que nota daria? Por quê?
-

10. Encerramento

23. Você gostaria de usar esse material mais vezes em sala de aula?
24. Tem mais alguma coisa que gostaria de falar sobre o BrailleOperMat?
-

Esse roteiro está alinhado à metodologia qualitativa da pesquisa e ao objetivo de coleta de percepções para a **validação participativa do protótipo**.

APÊNDICE B – Roteiro de Entrevista – Professores e Especialistas

Roteiro de entrevista semiestruturada voltado para professores ou especialistas (pedagogos, professores de matemática, profissionais de AEE, etc.) com o objetivo de **validar o BrailleOperMat** como recurso didático acessível e inclusivo.



Roteiro de Entrevista – Professores e Especialistas

Objetivo: Coletar impressões sobre a aplicabilidade, eficácia, acessibilidade e potencial pedagógico do BrailleOperMat.

1. Identificação e Contextualização

1. Nome (opcional):
 2. Formação e área de atuação:
 3. Experiência com ensino de matemática ou com educação inclusiva:
 4. Já utilizou recursos táteis ou manipulativos com alunos com deficiência visual? Quais?
-

2. Primeiras Impressões sobre o BrailleOperMat

5. Como o(a) senhor(a) descreveria sua primeira impressão sobre o BrailleOperMat?
 6. O material pareceu intuitivo e de fácil compreensão para os estudantes? Por quê?
-

3. Análise Didática

7. O que pensa sobre o potencial do BrailleOperMat para auxiliar na compreensão do sistema de numeração decimal?
 8. Como avalia a clareza na representação das quatro operações básicas (adição, subtração, multiplicação e divisão)?
 9. O bloco do “vai um” contribui para o entendimento do sistema posicional e do reagrupamento? Como?
-

4. Usabilidade e Acessibilidade

10. O material atende aos princípios de desenho universal e acessibilidade?
 11. As marcações em Braille e tinta são adequadas para alunos com e sem deficiência visual?
 12. Há algo na ergonomia ou montagem que possa dificultar o uso autônomo por estudantes?
-

5. Aplicação em Sala de Aula

13. Em que tipos de atividades o(a) senhor(a) vê o BrailleOperMat sendo usado com mais frequência?

14. Como esse recurso pode ser integrado ao currículo e ao planejamento pedagógico?
 15. Ele pode ser utilizado em contextos inclusivos (alunos normovisual e com deficiência visual juntos)? Comente.
-

6. Avaliação do Impacto Pedagógico

16. De que maneira você ver o BrailleOperMat como possibilidade de ensinar o sistema de numeração decimal, seus padrões, ordens, classes e operações?
 17. Pode favorecer o desenvolvimento da autonomia dos alunos com deficiência visual?
 18. Ajuda a tornar os conteúdos mais concretos e compreensíveis para todos os estudantes?
-

7. Sugestões e Recomendações

19. O que poderia ser melhorado ou ajustado no BrailleOperMat?
 20. Você recomendaria o uso deste material em sua escola ou rede? Por quê?
-

8. Encerramento

21. Deseja deixar mais algum comentário ou sugestão?

ANEXO A – Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título da pesquisa: Interfaces entre o BrailleOperMat e a Audiodescrição Didática como Estratégias para o Ensino do Sistema de Numeração Decimal e Suas Operações a Estudantes com Deficiência Visual

Pesquisador responsável: Euclides Xavier Ferreira, Mestrando no Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal do Acre (UFAC)

Contato do pesquisador: euclides.ferreira@ufac.br | +55 68 9 9978-9412

Orientador(a): Profa. Dra. Salete Maria Chalub Bandeira, Ufac/MPECIM

Comitê de ética em pesquisa (CEP):

Objetivo da pesquisa:

Esta pesquisa tem como objetivo Investigar de que forma o uso do material manipulável *BrailleOperMat*, somado à audiodescrição didática, podem minimizar as barreiras e ampliar as possibilidades de aprendizagem do Sistema de Numeração Decimal e operações matemáticas a estudantes com deficiência visual.

Procedimentos da pesquisa:

A sua participação consistirá em entrevistas semiestruturadas e/ou aplicação de atividades com o uso do *BrailleOperMat*, que poderão ser acompanhadas por observações e registros em áudio e/ou vídeo, com seu consentimento. A duração estimada de cada interação será de aproximadamente 60 minutos. As informações obtidas serão utilizadas exclusivamente para fins acadêmico-científicos.

Riscos e benefícios:

Não se prevêem riscos significativos à sua integridade física ou psicológica. Caso haja qualquer desconforto, você poderá interromper sua participação a qualquer momento. Os benefícios incluem a possibilidade de contribuir com o desenvolvimento de estratégias pedagógicas inclusivas e com a melhoria de recursos didáticos acessíveis para o ensino de Matemática a estudantes com deficiência visual.

Confidencialidade:

As informações fornecidas serão mantidas sob total sigilo. Sua identidade será preservada por meio de pseudônimos e os dados serão armazenados em ambiente digital seguro por um período de cinco anos, sendo posteriormente destruídos. Em nenhuma publicação ou apresentação os participantes serão identificados.

Voluntariedade e direito de retirada:

A sua participação é voluntária. Você poderá se recusar a participar ou desistir da pesquisa a qualquer momento, sem que isso traga qualquer prejuízo à sua vida acadêmica ou profissional.

Esclarecimentos:

Em caso de dúvidas ou para mais informações, entre em contato com o pesquisador ou com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Acre (CEP/UFAC) por meio dos canais institucionais disponíveis.

Declaração de consentimento:

Eu, _____,

declaro que fui devidamente informado(a) sobre os objetivos, métodos e procedimentos da pesquisa intitulada Interfaces entre o BrailleOperMat e a Audiodescrição Didática como estratégias para o ensino do sistema de numeração decimal e suas operações a estudantes com deficiência visual. Compreendi as informações e concordo, de forma livre e esclarecida, em participar deste estudo.

Assinatura do(a) participante: _____

Data: ___/___/_____

ANEXO B – Declaração da Escola Estadual Profa. Maria Angélica de Castro



**Governo do Estado do Acre
Secretaria de Estado de Educação e Esporte
Escola Estadual de Ensino Fundamental
Escola Prof.^a Maria Angélica de Castro
CNPJ:01197083/0001-13**

DECLARAÇÃO

Declaro para os devidos fins que a prof^a Dr^a Salete Maria Chalub Bandeira e o mestrando Euclides Xavier Ferreira (Universidade Federal do Acre) realizaram uma oficina , MPECIM e a oficina de Matemática: uso do BrailleOperMat para o ensino do Sistema de Numeração Decimal nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental com os professores da escola Maria Angélica de Castro no dia 12 de Agosto, no turno da noite ,no respectivo horário : 17:00 h às 20:00 h.

Por ser verdade, firmo a presente declaração.

Josefa Oliveira da Silva
Gestora
Portaria Nº 1244

Josefa oliveira da silva

Port nº 1244

Rio Branco Acre, 14 de Agosto de 2025.