

DOI: [10.46943/VIII.CONEDU.2022.GT10.007](https://doi.org/10.46943/VIII.CONEDU.2022.GT10.007)

# ACESSIBILIDADE NA AULA DE MATEMÁTICA PARA CRIANÇAS COM CEGUEIRA: PANORAMA ATUAL

## Ailton Barcelos da Costa

Professor Voluntário do Departamento de Psicologia. Doutor em Educação Especial pela Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, [ailton.barcelos@ufscar.br](mailto:ailton.barcelos@ufscar.br);

## Alessandra Daniele Messali Picharillo

Doutoranda em Educação Especial. Programa de Pós-Graduação em Educação Especial. Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, [alessandrapicharillo@estudante.ufscar.br](mailto:alessandrapicharillo@estudante.ufscar.br);

## Nassim Chamel Elias

Professor Associado do Departamento de Psicologia. Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, [nassim@ufscar.br](mailto:nassim@ufscar.br).

## RESUMO

Os desafios à aprendizagem da disciplina de matemática por pessoas com Deficiência Visual (DV) podem provocar o atraso na compreensão de seu conteúdo, o tornando especialmente difícil. Os conteúdos matemáticos de álgebra, como aritmética, frações e equações, são identificados como um dos principais problemas de aprendizagem para os alunos com DV. Diante deste contexto, este estudo teve por objetivo discutir as possibilidades e desafios da acessibilidade de crianças com cegueira na aula de matemática. Para tanto, adotou-se uma pesquisa descritivo-exploratória efetuada por meio da seleção e análise de capítulos de livro com tema relacionado a matemática e DV, produzidos pelo Laboratório de Análise do Comportamento e Educação Especial (LACEDE) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), de 2021 a 2022. Foram identificados cinco trabalhos, os quais foram lidos e descritos visando realizar aproximações entre os resultados e

as dimensões de acessibilidade. De maneira geral, a formação docente aparece como uma das principais barreiras, uma vez que a utilização de Tecnologia Assistiva (TA) e outras estratégias didáticas dependem do repertório docente. Entretanto, ainda foi possível compreender que a combinação de recursos digitais, concretos e mediação do professor, selecionada de acordo com o conteúdo, indica ser uma alternativa eficiente para garantir o acesso do aluno com DV ao currículo.

**Palavras-chave:** Acessibilidade, Inclusão, Cegueira, Matemática Inclusiva, Educação Especial.

## INTRODUÇÃO

A pesar de sua incontestável relevância, a matemática é considerada uma das disciplinas escolares de maior dificuldade de aprendizagem, estando relacionada a um alto índice de evasão e repetência escolar (CARMO; PRADO, 2004). Conforme dados oficiais do Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB), 84,5% dos alunos na faixa etária de 10 anos de idade (5º ano do Ensino Fundamental) não tinham atingido o aprendizado adequado para esta disciplina (BRASIL, 2018).

Essa situação pode ser agravada quando se trata da educação de pessoas com deficiência visual (DV), cegueira e baixa visão, devido ao desafio persistente no que diz respeito à criação de conteúdos acessíveis para estes estudantes (ZHOU et al., 2012). McDonnall, Geison e Cavanaugh (2009) e Smith e Smothers (2012) afirmam que os desafios à aprendizagem da disciplina de matemática por estudantes com DV podem provocar o atraso na compreensão de seu conteúdo, sendo que os conteúdos matemáticos de álgebra, como aritmética, frações e equações, são identificados como um dos principais problemas de aprendizagem para esses estudantes. Vale esclarecer que as dificuldades de aprendizagem desses conteúdos os levam a não se qualificarem para programas de estudo que conduzem à ciência ou carreiras ligadas a áreas como engenharia, levando também a enfrentarem limitações de emprego (NATIONAL SCIENCE FOUNDATION, 2013).

Quanto às definições, a Organização Mundial de Saúde (OMS, 2003), baseando-se nos parâmetros da Classificação Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde (CID-10), emprega medidas de acuidade e de campo visual e do uso funcional para distinguir entre:

- Pessoa com baixa visão: aquela que apresenta acuidade visual entre 0,3 e 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica, e os casos nos quais a somatória da medida do campo visual em ambos os olhos for igual ou menor que 10º ou a ocorrência simultânea de quaisquer das condições anteriores, porém, usa ou é potencialmente capaz de usar a visão para o planejamento e/ou execução de uma tarefa.

- Pessoa com cegueira: aquela cuja acuidade visual é igual ou menor do que 0,05, sempre no melhor olho, após correção óptica.

O Conselho Internacional de Oftalmologia (CIO, 2002) associou critérios da CID-10 e da CIF (Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde) e propôs uma classificação em Categorias de DV, revista em 2003 pela OMS, em que sugere que o termo cegueira deve ser usado somente para perda total da visão nos dois olhos e quando o indivíduo necessite de auxílios especiais para substituir as suas habilidades visuais.

Para a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2019), o mundo possuía em torno de 36 milhões de pessoas com cegueira em 2019. No Brasil, para a Confederação Brasileira de Oftalmologia (CBO, 2019), esse número foi estimado em aproximadamente 1,6 milhão durante o mesmo período.

No Brasil, Silva Júnior, Brandolin e Silva (2020) constatam o aumento anual de estudantes com DV na rede regular de ensino, acompanhado por um significativo atraso escolar. O cenário de atraso pode ser produto das dificuldades de inclusão e acessibilidade nas escolas, como a falta de materiais didáticos acessíveis no processo de ensino e aprendizagem (SILVA JÚNIOR; BRANDOLIN; SILVA, 2020). Não se têm dados desse atraso escolar no Brasil por parte de estudantes com DV, porém, segundo dados dos Estados Unidos, para Gulley et al. (2017), existe um atraso escolar de um ano para 75% dos alunos com DV e de cinco ou mais anos para 20% deles, em relação a seus pares com desenvolvimento típico, no final do equivalente ao Ensino Médio.

Os entraves ao processo de inclusão da criança com DV nas aulas de matemática do ensino regular multiplicam-se, uma vez que os docentes recorrem com frequência a informações visuais não acessíveis na apresentação dos conteúdos. A prática consiste em apresentar desenhos e exercícios na lousa, ou mesmo nos livros didáticos, o que torna o acesso aos conteúdos inviável para alunos com DV (BECK-WINCHATZ; RICCOBONO, 2007), ou seja, a acessibilidade para essas pessoas na sala de aula regular não é efetiva.

Mani et al. (2005) sugerem estratégias para a alfabetização matemática e o ensino das operações básicas para pessoas com

DV, fazendo referência ao uso do Soroban e do Geoplano, além de dispositivos tridimensionais e o uso do código Nemeth para a língua inglesa ou CMU (Código Matemático Unificado) para a língua portuguesa. Para os anos do Ensino Fundamental (6º a 9º ano) e Ensino Médio, seu ensino deve ser feito somente com o uso da matemática braile (MANI et al., 2005). O Código Nemeth é um código braile para notação matemática e científica amplamente utilizado em muitas partes do mundo, usando células de seis pontos padrão para leitura tátil (MCDONNALL; GEISEN; CAVENAUGH, 2009), e possibilita aos estudantes com cegueira ler texto de matemática anteriormente inacessível, da mesma maneira que se faz a leitura do código braile (MANI et al., 2005).

No entanto, o relatório anual da *American Printing House for the Blind* de 2014 informa que 8,5% dos alunos com DV usavam braile como meio de estudo primário, 29,2% usavam letras grandes e 9,2% preferiam usar meio auditivo (programas de leitura de tela) (ARGYROPOULOS et al., 2019).

Ao discutir questões de adaptação de material didático para estudantes com DV, Del Campo (1996) sugere que o ensino de matemática requer o uso de Tecnologia Assistiva (TA) ou material que permita acesso pela via tátil. O termo “material adaptado à inspeção tátil” refere-se à adaptação dos elementos visuais ao tato (DEL CAMPO, 1996). É importante destacar que, usualmente, quando a expressão usada é “inspeção tátil” ou “adaptação ao tato”, trata-se do acesso manual ao material pedagógico disponível. Este termo vem sendo utilizado para identificar recursos e serviços que contribuem para proporcionar ou ampliar habilidades funcionais de pessoas com deficiência e promover vida independente e inclusão (BERSCH et al., 2018).

## A QUESTÃO DA ACESSIBILIDADE

Nas últimas décadas, a inclusão nas escolas regulares de estudantes do Público Alvo da Educação Especial (PAEE)<sup>1</sup> tem sido verificada no Brasil e no mundo. O ensino para todos vem sendo

1 Se refere a estudantes com deficiência, transtornos globais de desenvolvimento e altas habilidades/ superdotação (BRASIL, 2015).

ampliado, seja por meio da criação da Lei Brasileira de Inclusão (Lei nº 13.146/2015) ou pela Agenda 2030 da ONU (Organização das Nações Unidas), que pressupõem, entre outras medidas, assegurar a educação inclusiva para garantir um desenvolvimento equitativo e sustentável da população.

A perspectiva inclusiva na educação, segundo a UNESCO (2003), atinge todas as crianças, como dever do ensino regular atendendo as necessidades de conteúdo, abordagens, estrutura e estratégias apropriadas para as características de cada estudante.

A regulamentação do processo de inclusão no Brasil se dá a partir da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei nº 9.394/96), entretanto, os mecanismos de inclusão previstos são aperfeiçoados com a Lei Brasileira de Inclusão (Lei nº 13.146/2015). Esta, entre outras deliberações, incumbe o poder público de assegurar, criar, desenvolver, implementar, incentivar, acompanhar e avaliar o sistema educacional inclusivo em todos os níveis e modalidades, bem como garantir o aprendizado ao longo de toda a vida (BRASIL, 2015).

Em consonância com as obrigações do poder público para prover acessibilidade a toda a população, a Lei nº 13.146/2015 prevê o aprimoramento dos sistemas educacionais. A intenção que emana dos dispositivos da lei é promover a inclusão plena, a acessibilidade em todos os níveis, de modo a afiançar as condições de acesso, permanência, participação e aprendizagem para estudantes PAEE, conforme o artigo 28 da referida lei. Estas condições seriam obtidas pela oferta de serviços e de recursos de acessibilidade que eliminem todo tipo de barreiras e promovam a inclusão e acessibilidade plena (BRASIL, 2015).

Dessa forma, de acordo com o Documento Orientador das Comissões de Avaliação In Loco para Instituições de Educação Superior com Enfoque em Acessibilidade (BRASIL, 2016, p. 22-23), existem oito dimensões, as quais interferem direta ou indiretamente no processo ensino-aprendizagem, que são:

- **Acessibilidade atitudinal:** Refere-se à percepção do outro sem preconceitos, estigmas, estereótipos e discriminações. Todos os demais tipos de acessibilidade estão relacionados a essa, pois é a atitude da pessoa que impulsiona a remoção de barreiras.

- **Acessibilidade arquitetônica:** Eliminação das barreiras ambientais físicas nas residências, nos edifícios, nos espaços e equipamentos urbanos.
- **Acessibilidade metodológica:** Ausência de barreiras nas metodologias e técnicas de estudo. Está relacionada diretamente à concepção subjacente à atuação docente: a forma como os professores concebem conhecimento, aprendizagem, avaliação e inclusão educacional irá determinar, ou não, a remoção das barreiras pedagógicas.
- **Acessibilidade programática:** Eliminação de barreiras presentes nas políticas públicas (leis, decretos, portarias, normas, regulamentos, entre outros).
- **Acessibilidade instrumental:** Superação das barreiras nos instrumentos, utensílios e ferramentas de estudo (escolar), de trabalho (profissional), de lazer e recreação (comunitária, turística, esportiva).
- **Acessibilidade nos transportes:** Forma de acessibilidade que elimina barreiras não só nos veículos, mas também nos pontos de paradas, incluindo as calçadas, os terminais, as estações e todos os outros equipamentos que compõem as redes de transporte.
- **Acessibilidade nas comunicações:** É a acessibilidade que elimina barreiras na comunicação interpessoal (face a face, língua de sinais), escrita (jornal, revista, livro, carta, apostila etc., incluindo textos em braille, uso do computador portátil) e virtual (acessibilidade digital).
- **Acessibilidade digital:** Direito de eliminação de barreiras na disponibilidade de comunicação, de acesso físico, de equipamentos e programas adequados, de conteúdo e apresentação da informação em formatos alternativos.

Assim, chega-se à questão de pesquisa: Como vem ocorrendo a acessibilidade de estudantes com cegueira em aulas de matemática?

## OBJETIVO

Discutir as possibilidades e desafios da acessibilidade de crianças com cegueira em aulas de matemática.

## MÉTODO

Essa pesquisa é do tipo descritivo-exploratória (PRODANOV; FREITAS, 2013) pela característica de observar, classificar e descrever fenômenos, sendo efetuada por meio de capítulos de livro produzidos pelo Laboratório de Análise do Comportamento e Educação Especial (LACEDE) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), em 2021 e 2022.

A escolha do período se deve à existência de publicações referentes à acessibilidade de estudantes com DV em aulas de matemática no referido laboratório, que foram identificados após a leitura de publicações (artigos, capítulos de livros, livros e trabalhos publicados em anais de congressos) produzidas por pesquisadores do LACEDE.

Para análise dos dados, foram produzidas categorias sobre características e conteúdos presentes nos estudos, explorando suas similaridades e diferenças, utilizando descrição e síntese (HOHENDORFF, 2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificados cinco trabalhos, a saber:

- Adaptação e Escolha de Materiais para o Ensino de Matemática a Pessoas com Deficiência Visual (COSTA; ELIAS, 2021a);
- Avaliação de habilidades matemáticas e adaptação para estudantes com deficiência visual (COSTA; ELIAS, 2021b);
- Acessibilidade a Gráficos em Textos de Matemática para Pessoas com Cegueira (COSTA; PICHARILLO; ELIAS, 2022a);
- Acessibilidade aos livros didáticos: possibilidades e limites da matemática braile (COSTA; PICHARILLO; ELIAS, 2022b);
- Uso da TA em aulas de matemática para estudantes com deficiência visual (COSTA; PICHARILLO; ELIAS, 2022c);

Costa e Elias (2021a) tiveram o objetivo de apresentar e discutir os materiais didáticos empregados e suas possíveis adaptações no ensino de habilidades matemáticas a crianças com DV, no período

de janeiro de 2001 a janeiro de 2020, a partir de uma revisão bibliográfica em bases de dados nacionais e internacionais. Os autores apresentam e discutem 16 artigos selecionados que atenderam critérios de inclusão, nos quais são listados materiais concretos e respectivas adaptações, bem como as características de cada um deles e seus respectivos usos nas atividades de ensino de habilidades matemáticas para pessoas com DV:

- i. Círculo de Frações Adaptado;
- ii. Brinquedo “Monta Fácil@”;
- iii. Escala Cuisenaire ou Barra Cuisenaire;
- iv. Material Dourado; Geoplano e Multiplano;
- v. Soroban;
- vi. Figuras Geométricas (3D, 2D, 1D);
- vii. Poliedros de Platão;
- viii. Massa de modelar;
- ix. Bolinhas de gude ou de vidro e bolinhas de Isopor;
- x. Blocos Lógicos.

Esses materiais concretos listados acima são usados para o ensino de conteúdos matemáticos do Ensino Fundamental. Os autores também afirmam que os poucos relatos de experiência sobre ensino de matemática para pessoas com DV sugerem que este se dá pelo uso de materiais concretos manipuláveis e de recursos pedagógicos adaptados e concluem que o predomínio de materiais concretos também se deve ao uso do recurso da exploração tátil como o principal recurso de aprendizagem pelas pessoas com DV. Essa exploração ou manipulação de objetos dá ao aluno a possibilidade de sentir, tocar e movimentar, podendo ser símiles dos objetos reais de uso cotidiano ou objetos que são usados para representar uma ideia abstrata, concordando em parte com a afirmação de Mani et al. (2005) de que tais estratégias devem ser utilizadas no início do Ensino Fundamental.

Costa e Elias (2021a) também identificam que os materiais concretos são usados mediante a linguagem, que permite o desenvolvimento de habilidades de atenção exploratória por meio das quais o estudante com DV consegue diferenciar as qualidades e as características dos objetos. Contemplando, dessa maneira, a acessibilidade nas comunicações (para contribuir com a eliminação

das barreiras na comunicação interpessoal), e satisfaz a acessibilidade instrumental (na superação das barreiras nos instrumentos, utensílios e ferramentas de estudo) e a acessibilidade metodológica (na remoção das barreiras pedagógicas e técnicas de estudo). Entretanto, cabe destacar que as três dimensões de acessibilidade citadas anteriormente só serão possíveis se estiver presente a acessibilidade atitudinal em decorrência da necessidade da mudança de postura das pessoas envolvidas nos ambientes de ensino (BRASIL, 2016).

O segundo estudo selecionado (COSTA; ELIAS, 2021b) teve o objetivo de levantar, apresentar e discutir, a partir de revisão de literatura, instrumentos de medição de repertório matemático para estudantes com DV no período de janeiro de 2001 a janeiro de 2020. Adicionalmente, os autores apresentam instrumentos de levantamento de repertório matemático para outras populações e como eles poderiam ser adaptados para estudantes com DV.

Após a busca, apenas uma tese (COSTA, 2019) teve o objetivo de desenvolver e aplicar um protocolo de avaliação de habilidades matemáticas de contagem e medida para crianças e adolescentes com DV e testar a sua aplicação. Participaram da pesquisa 12 estudantes com DV, com idades entre 5 e 16 anos. Como resultado, obteve-se que nove participantes tiveram maior facilidade em atividades de medida, dois em contagem e um com desempenho igual em ambos os tipos de atividade. Os resultados mostram ainda que os erros cometidos não tinham relação com o tipo de acesso ao material usado, concreto, por tato e/ou com o resíduo visual. O estudo indicou o predomínio dos acertos dos participantes com mais idade e que os erros dos mais novos podem ter relação com a própria história escolar.

Considerando que na história e ou trajetória escolar pode estar o cerne do desempenho dos alunos frente às avaliações do estudo citado, cabe o questionamento sobre como foi garantida a acessibilidade em suas diversas dimensões. O processo de ensino e aprendizagem, por conseguinte a própria inclusão escolar, sofrem interferências diretas ou indiretas na ausência de qualquer uma das dimensões, considerando que o direito à inclusão extrapola o ambiente intra sala de aula (BRASIL, 2016).

O terceiro estudo selecionado (COSTA; PICHARILLO; ELIAS, 2022a) teve o objetivo de levantar como ocorre o acesso de pessoas com cegueira a gráficos contidos em livros didáticos de matemática, no período de 2010 a 2020. Para tal, foram consultados artigos em periódicos nacionais e internacionais especializados em DV. Os autores identificaram seis artigos que aplicaram entrevistas com estudantes com DV e/ou professores de estudantes com DV e quatro que descreveram avaliações sobre estratégias de ensino e/ou utilização de tecnologia digital. Para os autores, a análise dos artigos com entrevistas mostraram que o uso da linguagem para fornecimento de instruções associada à manipulação de objetos é uma estratégia importante para o reconhecimento de gráficos e que seu uso poderia ser introduzido progressivamente para a discriminação de objetos e ações, usando-a para integração das informações provenientes dos sentidos; no entanto, a dificuldade em manipulação e reconhecimento dos elementos dos gráficos pela via tátil evidencia uma hierarquia de dificuldade de manipulação destes, o que pode, em partes, indicar que ocorre a acessibilidade metodológica (remoção das barreiras pedagógicas e de avaliação) e, por utilizar materiais concretos, está de acordo com a acessibilidade nas comunicações (tentando contribuir para a eliminação das barreiras na comunicação interpessoal), com a acessibilidade instrumental (contribuindo para a superação das barreiras nos instrumentos, utensílios e ferramentas de estudo) (BRASIL, 2016).

Costa, Picharillo e Elias (2022a) também ressaltam a falta de preparo e conhecimento dos professores para adaptar os gráficos e elaborar instruções adequadas. Essas considerações podem indicar a causa da dimensão metodológica não ser plenamente contemplada, uma vez que está relacionada diretamente à concepção subjacente à atuação docente. Ainda, aparentemente, há falta de acessibilidade programática, que é a eliminação de barreiras presentes nas políticas públicas, que no caso se trata de políticas que incentivem a formação inicial e continuada dos docentes, bem como diretrizes constantes nos documentos institucionais, que podem prever formação continuada em serviço, ofertando assessoria (BRASIL, 2016).

Os resultados do segundo grupo de artigos analisados por Costa, Picharillo e Elias (2022a) mostram o potencial do uso da TA

com gráficos simples por meio de entradas multimodais para pessoas com DV, apesar do pouco uso em instituições de ensino, tanto dos EUA quanto no Brasil. Os autores concluem que as ferramentas de adaptação dos gráficos, sejam pelo uso da TA ou de adaptações tradicionais, são poderosos meios de promover a acessibilidade plena dos estudantes com DV ao currículo escolar, contribuindo para a eliminação de todo tipo de barreiras e promovam a inclusão na escola regular. Assim, se tratando de acessibilidade digital, de equipamentos e programas adequados, de conteúdo e apresentação da informação em formatos alternativos (BRASIL, 2016). No entanto, um possível entrave para a indicação e utilização, se refere ao alto custo, inviabilizando a aquisição particular ou institucional.

O quarto estudo selecionado foi o de Costa, Picharillo e Elias (2022b), que teve o objetivo de discutir as possibilidades e os limites da leitura em matemática braile por crianças com cegueira em materiais didáticos, por meio de uma revisão bibliográfica em textos publicados no período de 2010 a 2020 em periódicos nacionais e internacionais. Após as duas etapas de busca, cinco artigos atenderam aos critérios de inclusão e foram utilizados na análise. Como resultado, Costa, Picharillo e Elias (2022b) perceberam que os professores de estudantes com DV muitas vezes não possuem as habilidades e os conhecimentos necessários para preparar materiais de qualidade, táteis ou no Sistema Braille, encontrando limitações nas descrições das imagens em função do tempo insuficiente para o planejamento dos materiais, bem como a inabilidade de professores no manuseio das tecnologias. Quando foram registrados os usos de TA, os estudos mostraram que o acesso a programas que fazem transcrições de qualidade de textos didáticos de matemática é um desafio para muitos professores e estudantes, apesar da existência dos softwares Braille Fácil e Monet, que fazem a transcrição de textos didáticos de matemática para o braile com precisão e qualidade e que não foram citados nos estudos analisados. Dessa forma, se trata de acessibilidade digital, de equipamentos e programas adequados, de conteúdo e apresentação da informação em formatos alternativos (BRASIL, 2016).

Os resultados de Costa, Picharillo e Elias (2022b) também mostraram que o acesso a materiais de qualidade, sejam táteis ou com transcrições de matemática em braile, é condição fundamental

para o aprendizado de estudantes com DV e requisito para a inclusão plena destes no ensino regular, o que pode indicar que ocorre a acessibilidade metodológica (remoção das barreiras pedagógicas e de avaliação); e por utilizar materiais em braile, está de acordo com a acessibilidade nas comunicações (tentando contribuir para a eliminação das barreiras na comunicação interpessoal), com a acessibilidade instrumental (contribuindo para a superação das barreiras nos instrumentos, utensílios e ferramentas de estudo) (BRASIL, 2016). De maneira semelhante aos resultados encontrados no estudo de Costa, Picharillo e Elias (2022a), a falta de preparo e conhecimento, tanto do manuseio dos recursos de TA quanto de descrição adequada dos gráficos, impedem que o aluno tenha pleno acesso ao conteúdo, evidenciando a relevância da formação docente adequada.

Por fim, o quinto estudo selecionado foi o de Costa, Picharillo e Elias (2022c), que teve o objetivo de levantar como tem ocorrido o uso da TA em aulas de matemática para estudantes com DV, no período de 2011 a 2021, em que foram pesquisados artigos em periódicos nacionais e internacionais especializados em DV. Os autores encontraram 10 artigos para análise. Como resultados, Costa, Picharillo e Elias (2022c) destacam que não existe uma ferramenta mais adequada para o ensino de matemática para estudantes com DV, mas um conjunto de escolhas de acordo com o tema e o tipo de atividade. Cabe destacar que a fluência em braile quando utilizada em conjunto com TA aparece como facilitadora da compreensão das descrições de imagens e textos, demonstrando que ferramentas virtuais e concretas podem e devem ser utilizadas em conjunto, visando melhorar as condições de acessibilidade ao conteúdo matemático. Tais conclusões estão de acordo em partes com a acessibilidade nas comunicações (tentando contribuir para a eliminação das barreiras na comunicação interpessoal), também satisfaz a acessibilidade instrumental (contribuindo para a superação das barreiras nos instrumentos, utensílios e ferramentas de estudo) e a acessibilidade metodológica (remoção das barreiras pedagógicas e técnicas de estudo) (BRASIL, 2016).

Costa, Picharillo e Elias (2022c) concluem que, a partir de dados empíricos, a existência de estratégias de combinação de ferramentas, bem como a necessidade de formação profissional e

atenção ao repertório do estudante, como premissas de procedimentos de ensino eficientes e eficazes, evidenciam que se trata de acessibilidade digital, de equipamentos e programas adequados, de conteúdo e apresentação da informação em formatos alternativos. Demonstrando novamente a importância da formação docente consistente com os recursos que deverão ser utilizados, visando que o professor tenha repertório para eliminar barreiras atitudinais frente às demandas (BRASIL, 2016).

Portanto, entende-se que há uma necessidade urgente de treinamento dos professores para o uso de TA, pois eles desempenham uma função essencial na criação de experiências em matemática para seus estudantes com DV, principalmente com uma preparação adequada e com recursos e suportes para fornecer instruções de alta qualidade. Esse fato, conforme ressaltado anteriormente, pode caracterizar a acessibilidade metodológica, que está relacionada diretamente à concepção subjacente à atuação docente, não é plenamente atendida, pois depende da eliminação de barreiras presentes nas políticas públicas de formação inicial e continuada dos docentes (BRASIL, 2016).

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A partir dos cinco estudos selecionados para se discutir as possibilidades e desafios da acessibilidade de crianças com cegueira na aula de matemática, pode-se concluir que ainda existe muito a ser feito.

Fica evidente que não existe na literatura nacional ou internacional, material, ferramenta ou tecnologia perfeita que resolva todos os problemas da acessibilidade do estudante com cegueira em uma aula de matemática. O uso da TA ou de adaptações tradicionais são poderosos meios de promover a acessibilidade plena dos alunos com DV ao currículo escolar, contribuindo para a eliminação de todo tipo de barreiras e promovendo a inclusão desses alunos na escola regular. No entanto, o que de fato sugere ser eficiente, é um conjunto de escolhas de acordo com o conteúdo ou atividade proposta, no qual esta combinação pode proporcionar o respeito à acessibilidade plena em sala de aula.

O material concreto, associado à descrição de objetos, pode ser usado sempre que for possível, mediante a linguagem, descrevendo o material e situações para o estudante, permitindo o desenvolvimento de habilidades de atenção exploratória por meio das quais a pessoa com DV consegue diferenciar as qualidades e as características dos objetos. Portanto, o uso da linguagem para fornecimento de instruções associada à manipulação de objeto é uma estratégia importante para o reconhecimento de materiais concretos, e seu uso poderia ser introduzido progressivamente para a discriminação dos objetos e ações, usando-a para integração das informações provenientes dos sentidos.

Com relação à matemática braile (Código Matemático Unificado ou Código Nemeth), os pesquisadores ao redor do mundo perceberam que os professores de alunos com DV muitas vezes não possuem as habilidades e os conhecimentos necessários para preparar materiais de qualidade, táteis ou no Sistema Braille. A fluência em braile quando utilizada em conjunto com TA, apareceu como facilitadora da compreensão das descrições de imagens e texto, demonstrando que ferramentas virtuais e concretas, podem e devem ser utilizadas em conjunto, visando melhorar as condições de acessibilidade ao conteúdo matemático. Além disso, nem todos os estudantes com cegueira possuem fluência no código braile, além da complexidade da matemática braile.

Na sequência, sobre a utilização de TA quando foram registrados seu uso, os estudos mostraram que o acesso a programas que fazem transcrições de qualidade de textos didáticos de matemática para o Sistema Braille é um desafio para muitos professores e alunos, apesar da existência dos *softwares* que fazem essa tarefa com precisão e qualidade. Evidencia-se a necessidade urgente de treinamento dos professores para o uso de TA, pois eles desempenham uma função essencial na criação de experiências em matemática para seus alunos com DV, principalmente com uma preparação adequada e com recursos e suportes para fornecer instruções de alta qualidade. O grande problema do uso da TA em países como o Brasil ainda é a falta de acesso a eles, devido aos seus elevados custos.

Aparentemente, com base nos resultados discutidos, para que todas as estratégias e suas combinações funcionem, é preciso

atenção para a formação do professor. A acessibilidade atitudinal e a acessibilidade metodológica estão relacionadas diretamente à concepção subjacente à atuação docente, não é plenamente atendida, até porque parece faltar a acessibilidade programática, que é a eliminação de barreiras presentes nas políticas públicas e regimentos institucionais, que no caso se trata de políticas incentivando a formação inicial e continuada dos docentes.

## REFERÊNCIAS

ARGYROPOULOS, Vassilios S.; ARGYROPOULOS, Vassilios S. Tactual shape perception in relation to the understanding of geometrical concepts by blind students. **British Journal of Visual Impairment**, v. 20, n. 1, p. 7-16, 2002.

BECK-WINCHATZ, Bernhard; RICCOBONO, Mark A. Advancing participation of blind students in science, technology, engineering, and math. **Advances in Space Research**, v. 42, n. 11, p. 1855-1858, 2008.

BERSCH, Rita DE C. R. et al. Fatores Humanos em TA: Uma Análise de Fatores Críticos nos Sistemas de Prestação de Serviços. **Plurais Revista Multidisciplinar**, v. 1, n. 2, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira [INEP]. **Documento orientador das comissões de avaliação in loco para instituições de educação superior com enfoque em acessibilidade**. Brasília/ DF, 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. INEP. **SAEB - Sistema de Avaliação da Educação Básica: Evidências da Edição de 2017**. Brasília/ DF: 2018.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 13.146 de 06 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência)**. Diário Oficial da União, Brasília, DF/ 2015.

CARMO, J. S.; PRADO, P. S. T. Fundamentos do Comportamento Matemático: a importância dos pré-requisitos. In: HÜBNER, M. M.;

MARINOTTI, M. (Orgs.). **Análise do comportamento para a educação: contribuições recentes**, pp. 137-157. Santo André: ESEtec, 2004.

CONSELHO BRASILEIRO DE OFTALMOLOGIA (CBO). **As condições de saúde ocular no Brasil - 2019**. São Paulo: CBO, 2019.

CONSELHO INTERNACIONAL DE OFTALMOLOGIA (CIO). **Padrões visuais: aspectos e intervalos da perda da visão**. Sidnei, 2002.

COSTA, A. B. Avaliação das relações pré-aritméticas em crianças e adolescentes com deficiência visual. 2019. 110 f. Tese (Doutorado em Educação Especial) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2019.

COSTA, A. B.; ELIAS, N. C. Adaptação e Escolha de Materiais para o Ensino de Matemática A Pessoas com Deficiência Visual. In: Amanda Basilio Santos, Juliana Porto Machado e Ronaldo Bernardino Colvero. (Org.). **Anais Humanidades Digitais**. 1ed. Jaguarão/RS: EDICON. Editora do Instituto CONEX, 2021a, p. 1-19.

COSTA, A. B.; ELIAS, N. C. Avaliação de habilidades matemáticas e adaptação para estudantes com deficiência visual. In: **Educação a Distância, formação de professores e ensino na diversidade**. 1 ed. São Carlos: EDESP-UFSCar, 2021b, v.1, p. 167-183.

COSTA, A. B.; PICHARILLO, A. D. M. ELIAS, N. C. Acessibilidade a Gráficos em Textos de Matemática para Pessoas com Cegueira. In: Paula A. Castro; Gessika C. Carvalho da

Silva; Alex V. Silva; Givanildo da Silva; Ricardo J. Sousa Cavalcanti. (Org.). **Escola em tempos de conexões**. 1ed. Campina Grande: Realize Editora, 2022a, v. 1, p. 1373-1389.

COSTA, A. B.; PICHARILLO, A. D. M.; ELIAS, N. C. Acessibilidade aos livros didáticos: possibilidades e limites da matemática braille. In: Nassim Chamel Elias; Adriana G. Gonçalves; Clarissa B. Mariana; Cristina Pedrino. (Org.). **Práticas pedagógicas e formação profissional**

**para Inclusão escolar.** 1ed. São Carlos: EDESP. Editora de Educação e Acessibilidade da UFSCar, 2022b, p. 131-146.

COSTA, A. B.; PICHARILLO, A. D. M.; ELIAS, N. C. Uso da tecnologia assistiva em aulas de matemática para estudantes com deficiência visual. In: Pereira dos Santos; Celso Roberto Borges Alves. (Org.). **A educação na contemporaneidade: desafios pedagógicos e tecnológicos.** 1ed. Campina Grande: Editora Amplla, 2022c, vol. 1, p. 342-356.

DEL CAMPO, José E. F. **La enseñanza de la Matemática a los ciegos.** 2. ed. Madrid: ONCE, 1996.

GULLEY, A. P. et al. Process-Driven Math: An Auditory Method of Mathematics Instruction and Assessment for Students Who Are Blind or Have Low Vision. **Journal of Visual Impairment & Blindness**, v. 111, n. 5, p. 465-471, 2017.

HOHENDORFF, Jean Von. Como escrever um artigo de revisão de literatura. In: KOLLER, Sílvia H.; DE PAULA COUTO, Maria Clara P.; HOHENDORFF, Jean Von (Org.) **Manual de Produção Científica.** Porto Alegre: Penso Editora Ltda., 2014, p. 39-54.

MANI, M. N. G. et al. **Mathematics made easy for children with visual impairment.** Philadelphia, PA: Towers Press, Overbrook Scholl for the Blind, 2005.

MCDONNALL, M.; GEISEN, J. M.; CAVENAUGH, B. **School climate, support and mathematics achievement for students with visual impairments.** Poster presented at the annual conference of the Institute of Education Sciences Research, Washington, 2009.

NATIONAL SCIENCE FOUNDATION. **Women, minorities, and persons with disabilities in science and engineering.** Special Report. Arlington: National Center for Science and Engineering Statistics, 2013.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionadas à Saúde.** 10. rev. São Paulo: Edusp, 2003.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale. 2013.

SILVA JUNIOR, S. H. A.; BRANDOLIN, F.; SILVA, V. S. Perfil dos estudantes com deficiência visual no Brasil a partir do Censo Escolar, 2008 a 2015. **Benjamin Constant**, v. 2, n. 61, p. 42-54, 2020.

SMITH, Derrick W.; SMOTHERS, Sinikka M. The role and characteristics of tactile graphics in secondary mathematics and science textbooks in braille. **Journal of Visual Impairment & Blindness**, v. 106, n. 9, p. 543-554, 2012.

UNESCO. **Overcoming exclusion thought inclusive approaches in education: A challenge and a vision; conceptual paper**. Paris, 2003.

ZHOU, Li et al. The relationship between computer and internet use and performance on standardized tests by secondary school students with visual impairments. **Journal of Visual Impairment & Blindness**, v. 106, n. 10, p. 609-621, 2012.