



## SEÇÃO DOSSIÊ TEMÁTICO

# Redesign de material didático na perspectiva do Desenho Universal

*Redesign of teaching material in perspective of Universal Design*

**Anderson Roges Teixeira Gões<sup>1</sup>**  
**Gabrieli Jaguszewski da Silva<sup>2</sup>**  
**Márcia Regina Silva Berbetz<sup>3</sup>**

### RESUMO

Este artigo apresenta o redesign de um material didático para o ensino de álgebra, utilizando os princípios do Desenho Universal. O profissional responsável pelo redesign é um bacharel em Expressão Gráfica, cujos conhecimentos são aplicados na seleção adequada de propriedades físicas dos materiais, como resistência, elasticidade e isolamento térmico, bem como na ergonomia ao desenvolver formatos e tamanhos ideais para cada material, visando o conforto dos usuários finais. Além disso, as habilidades do bacharel em Expressão Gráfica na modelagem tridimensional auxiliam no processo de concepção de materiais didáticos, permitindo a realização de testes com diferentes modelos e alterações rápidas, sem custos adicionais. Com isso, ampliamos uma pesquisa realizada em nível de mestrado que utilizou um material didático desenvolvido para o ensino e aprendizagem de operações com polinômios, conteúdo presente na disciplina de Matemática do Ensino Fundamental com aplicação em uma sala de aula onde havia um estudante cego, embora todos os estudantes também tenham participado da prática, como prevê o Desenho Universal. A pesquisa foi financiada por meio de edital universal do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). A metodologia adotada é abordagem qualitativa e inclui entrevistas semiestruturadas com o estudante cego, além do redesign do material didático com base em sugestões de adequação pelo participante e normas técnicas brasileiras. Conclui-se que o material redesenhado atende aos critérios de um material didático na perspectiva do Desenho Universal. Além disso, fica evidente que o bacharel em Expressão Gráfica possui conhecimentos e habilidades que contribuem para o desenvolvimento de materiais didáticos acessíveis, eficientes e adequados às necessidades dos estudantes com deficiência. Portanto, esse profissional desempenha um papel importante na educação inclusiva, no que diz respeito à produção de materiais didáticos, participando de equipes multidisciplinares.

Palavras-chave: Desenho Universal. Material Didático. Modelagem Tridimensional.

### ABSTRACT

This article presents the redesign of a teaching material for algebra, utilizing the principles of Universal Design. The professional responsible for the redesign is a bachelor in Graphic Expression, whose expertise is applied in the

---

1 Professor Doutor – Programa de Pós-graduação em Educação: Teoria e Prática de Ensino e Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e em Matemática, Universidade Federal do Paraná (UFPR) – Curitiba, PR, Brasil.  
E-mail: artgoes@ufpr.br.

2 Bacharela em Expressão Gráfica, Universidade Federal do Paraná (UFPR) – Curitiba, PR, Brasil.  
E-mail: gabi.jaguszewski@gmail.com.

3 Professora Mestra – Programa de Pós-graduação em Educação: Teoria e Prática de Ensino, Universidade Federal do Paraná (UFPR) – Curitiba, PR, Brasil.  
E-mail: marcia.berbetz@gmail.com.



appropriate selection of physical properties of materials, such as strength, elasticity, and thermal insulation, as well as in ergonomics when developing optimal formats and sizes for each material, aiming for user comfort. Furthermore, the skills of the bachelor in Graphic Expression in three-dimensional modeling aid in the conception of teaching materials, allowing for testing with different models and rapid modifications without additional costs. By doing so, we expand upon a master's level research that used a teaching material developed for teaching and learning polynomial operations, a topic within the Mathematics curriculum in primary education, with an application in a classroom where a visually impaired student attended, although all students participated in the activity, as envisioned by Universal Design. The research was funded through a universal call by the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). The methodology employed is qualitative, including semi-structured interviews with the visually impaired student, as well as the redesign of the teaching material based on the participant's suggestions and Brazilian technical standards. It can be concluded that the redesigned material meets the criteria of a teaching material from the perspective of Universal Design. Additionally, it becomes evident that the bachelor in Graphic Expression possesses knowledge and skills that contribute to the development of accessible, efficient, and suitable teaching materials for students with disabilities. Therefore, this professional plays an important role in inclusive education, particularly in the production of teaching materials, and participates in multidisciplinary teams.

Keywords: Universal Design. Teaching Material. Three-Dimensional Modeling.

## Introdução

O conceito de Desenho Universal contribui para o ambiente escolar, incluindo o desenvolvimento de materiais didáticos que seguem alguns princípios, tendo em vista que atualmente as escolas procuram formas de incluir estudantes com alguma necessidade educacional específica. Mas a maioria das tecnologias educacionais acabam excluindo o educando, pois são desenvolvidas especificamente para o discente que delas necessitam, sem que os demais possam dela usufruir, fazendo com que ocorra a exclusão dos estudantes em um processo que deveria ser inclusivo.

Procurando reverter esse quadro, torna-se necessário utilizar a concepção do Desenho Universal (DU), que tem origem na área de arquitetura e urbanismo, mas também é aplicada no design de produtos. O DU "surgiu na década de 1970, após a aprovação da Lei de Reabilitação Profissional (*Vocational Rehabilitation Act*), nos EUA, em 1973, proibindo qualquer forma de discriminação devido a questões de deficiência" (RICARDO; SAÇO; FERREIRA, 2017, p. 1525), o que contribui também no ambiente escolar, incluindo o desenvolvimento de materiais didáticos que seguem princípios como:

**Uso igualitário:** propor materiais didáticos ou adaptação de materiais que possam ser utilizados por usuários com capacidades diferentes;

**Flexibilidade de uso:** projetar materiais ou adaptação de materiais que permitam atender às necessidades de estudantes com diferentes habilidades e preferências diversificadas, admitindo adequações e transformações; adaptabilidade às necessidades do estudante;

**Uso simples e intuitivo:** deve ser de fácil compreensão e apreensão do objeto de estudo, independente da experiência do estudante, de seu grau de

conhecimento, habilidade de linguagem ou nível de concentração; eliminar complexidades desnecessárias e ser coerente com as expectativas e cognição do estudante; disponibilizar as informações segundo a ordem gradativa de aprendizagem;

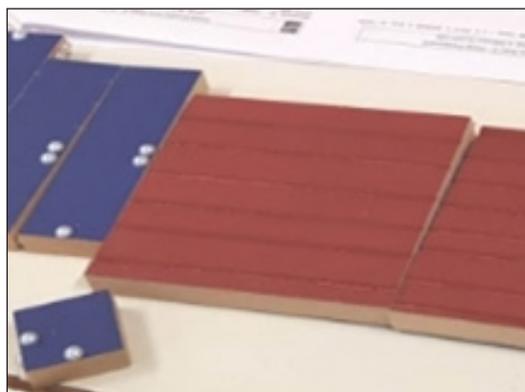
**Informações facilmente perceptíveis:** utilizar diferentes meios de comunicação, como símbolos, informações sonoras, táteis, entre outras, para compreensão de estudantes com dificuldade de audição, visão ou cognição; disponibilizar formas e objetos de comunicação com contraste adequado; maximizar com clareza as informações essenciais; tornar fácil o uso do material didático;

**Tolerância ao erro e segurança:** considerar a segurança na concepção e/ou adaptação de materiais a serem utilizados nas atividades pedagógicas, visando à aprendizagem. (BERBETZ, 2019, p. 31-32, grifos da autora).

Ao adotar os princípios do DU no desenvolvimento de materiais didáticos, as escolas podem promover uma educação inclusiva, garantindo que todos os estudantes se beneficiem de maneira igualitária. Isso resulta em um ambiente de aprendizado mais acessível, acolhedor e enriquecedor para todos os alunos. É importante ressaltar que o uso de tecnologias educacionais baseadas no DU não exclui o uso de ajudas técnicas, também conhecidas como tecnologias assistivas, quando necessário (BRASIL, 2009).

Assim, a pesquisa em questão amplia a discussão iniciada por Conte e Góes (2018) e continua a análise de um Material Manipulativo Tátil (MMT) na perspectiva do DU, desenvolvido por Berbetz (2019) para a compreensão de conceitos matemáticos no Ensino Fundamental, sobretudo para operações com polinômios como já discutido por Berbetz e Góes (2020). Esse material foi utilizado em uma turma que incluía um estudante cego, embora a aplicação tenha se dado a todos os estudantes, como prevê o Desenho Universal. Neste artigo, o material desenvolvido por Berbetz (2019) é denominado MMT1 e será apresentado em mais detalhes na seção Metodologia.

**Figura 1.** MMT1



**Fonte:** Berbetz (2019, p. 80).



O MMT1 é um material didático composto por placas de madeira com duas faces coloridas, uma azul e outra vermelha, representando números positivos e negativos, respectivamente. A face vermelha possui textura em forma de cavidades lineares para identificação tátil por pessoas cegas. Segundo Berbetz (2019), a utilização desse material, dentro da perspectiva do DU, favoreceu a interação e a socialização entre todos os envolvidos no processo de ensino e aprendizagem. Os estudantes videntes, que anteriormente não se relacionavam com o estudante cego, passaram a interagir e ajudá-lo na resolução das atividades propostas. Este, por sua vez, participou das atividades com maior facilidade e entusiasmo, auxiliando os colegas, o que o tornou parte do grupo de estudantes da sala de aula.

Dentre os benefícios do MMT1 estão a compreensão tátil dos conceitos matemáticos, a facilidade de representação gráfica e a comunicação dos participantes, assim como a contribuição na abstração matemática, no engajamento e na participação de todos os envolvidos, que expressaram o desejo de utilizar mais materiais manipulativos táteis no ensino de Matemática, destacando a importância desses recursos para a aprendizagem.

Apesar dos benefícios observados por Berbetz e Góes (2020) com o uso do MMT1, constatou-se que o material deteriorava facilmente. Portanto, tornou-se necessário buscar uma maneira de tornar o material mais duradouro e de fácil manipulação.

Essa necessidade levou à ampliação da pesquisa por meio do presente estudo, com financiamento por meio de edital universal do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), para o desenvolvimento de uma nova versão do material (denominado MMT2) sob o olhar de um profissional bacharel em Expressão Gráfica que possui expertise em diversos aspectos que podem ser aplicados no desenvolvimento de materiais didáticos, proporcionando o redesign de um material didático elaborado por profissional da área de Educação. Isso inclui a escolha adequada de propriedades físicas dos materiais em relação à resistência, elasticidade, isolamento térmico, entre outros. A ergonomia também é considerada, ajudando a desenvolver o formato e tamanho ideais para o uso de cada material, garantindo conforto e eficácia para os usuários finais. Além disso, a modelagem tridimensional é uma ferramenta que auxilia no processo de concepção do material didático, permitindo a realização de testes com diferentes modelos e alterações rápidas, sem custos adicionais.

Portanto, fica evidente que a temática da educação inclusiva é central nesse estudo. A partir desse contexto, uma apresentação mais detalhada sobre o tema será realizada a seguir.

## **2 Educação inclusiva**

Os conceitos de educação inclusiva apresentaram avanços na década de 1990, tendo como base dois eventos importantes: a Conferência Mundial de Educação para Todos, realizada na Tailândia em 1990, e a Conferência Mundial de Educação Especial, realizada na Espanha em 1994, que resultou na Declaração de Salamanca (UNESCO, 1994).



É importante ressaltar que existe uma diferença entre educação inclusiva e educação especial. De acordo com Camargo (2017), a primeira não se limita apenas aos estudantes que são o público-alvo da educação especial, mas também engloba todos os alunos, com um foco especial naqueles que possuem necessidades específicas.

O documento de Salamanca (UNESCO, 1994) indica que as instituições de ensino devem garantir o acesso a uma educação de qualidade, com o objetivo de desenvolver uma pedagogia centrada no aluno, proporcionando uma aprendizagem para todos, independentemente de suas condições físicas, intelectuais, linguísticas, emocionais, sociais, entre outras. Alguns dos princípios apresentados nesse documento são:

- Cada criança tem o direito fundamental à educação e deve ter a oportunidade de conseguir e manter um nível aceitável de aprendizagem;
- Cada criança tem características, interesses, capacidades e necessidades de aprendizagem que lhe são próprias;
- Os sistemas de educação devem ser planejados e os programas educativos implementados tendo em vista a vasta diversidade destas características e necessidades;
- As crianças e jovens com necessidades educativas especiais devem ter acesso às escolas regulares, que a elas se devem adequar através duma pedagogia centrada na criança, capaz de ir ao encontro destas necessidades;
- As escolas regulares, seguindo esta orientação inclusiva, constituem os meios mais capazes para combater as atitudes discriminatórias, criando comunidades abertas e solidárias, construindo uma sociedade inclusiva e atingindo a educação adequada à maioria das crianças e promovem a eficiência, numa ótima relação custo-qualidade, de todo o sistema educativo. (UNESCO, 1994, p. 8).

Com o intuito de alcançar tais objetivos, a Declaração de Salamanca (UNESCO, 1994) enfatiza a necessidade de os governos priorizarem a educação inclusiva, por meio da implementação de políticas públicas que tornem possível a inclusão de todas as pessoas no sistema de ensino regular. Ao mesmo tempo, em consonância com o movimento impulsionado por esse documento, o Brasil promulgou a Lei de Diretrizes e Bases (LDB) (BRASIL, 1996), que estabelece novos direcionamentos para a educação, baseados no princípio da igualdade de direitos e oportunidades de aprendizagem para todos.

Entende-se por educação especial, para os efeitos desta Lei, a modalidade de educação escolar oferecida preferencialmente na rede regular de ensino, para educandos com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades ou superdotação. (BRASIL, 1996, art. 58).

No ano de 2009, a Convenção da Organização das Nações Unidas (ONU) sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência foi incorporada à legislação brasileira como uma emenda



constitucional, fortalecendo o respeito pelos direitos humanos (BRASIL, 2009). Essa convenção reconhece como pessoas com deficiência “aquelas que têm impedimentos de longo prazo de natureza física, mental, intelectual ou sensorial, os quais, em interação com diversas barreiras, podem obstruir sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdades de condições com as demais pessoas” (BRASIL, 2009, Artigo 1) e destaca a importância de promover sua inclusão e participação em todos os aspectos da sociedade.

Em 6 de julho de 2015, foi promulgada a Lei nº 13.146, que tem como objetivo garantir e promover, “em condições de igualdade, o exercício dos direitos e das liberdades fundamentais das pessoas com deficiência, visando à sua inclusão social e cidadania” (BRASIL, 2015, art. 1). A lei estabelece o direito das pessoas com deficiência a um sistema educacional inclusivo em todos os níveis de aprendizado ao longo da vida, de forma a desenvolver “seus talentos e habilidades físicas, sensoriais, intelectuais e sociais, de acordo com suas características, interesses e necessidades de aprendizagem” (BRASIL, 2015, art. 27).

Para garantir o cumprimento desses direitos, são estabelecidos os responsáveis por sua execução: “É dever do Estado, da família, da comunidade escolar e da sociedade assegurar educação de qualidade à pessoa com deficiência, colocando-a a salvo de toda forma de violência, negligência e discriminação” (BRASIL, 2015, art. 27, parágrafo único). Isso implica em mudanças nas intervenções pedagógicas e, conseqüentemente, nos meios para alcançá-las. Nesse sentido, é dever da comunidade escolar ter uma atenção especial para a diversidade de seus estudantes, promovendo uma organização curricular que atenda às necessidades individuais, adotando medidas concretas que valorizem não apenas as capacidades intelectuais e os conhecimentos dos estudantes, mas também sua motivação e interesse.

No entanto, percebe-se no ambiente escolar que a educação inclusiva ainda não é totalmente garantida, pois o sistema educacional brasileiro ainda está em processo de adequação às leis de inclusão escolar. “A escola e os professores não foram preparados para essa mudança, e ainda prevalecem barreiras físicas e atitudinais à inclusão” (CONTE; GÓES, 2018, p. 2), possivelmente devido à visão linear e reducionista que permeia a escola, na qual o ensino é marcado por atitudes contraditórias ao desenvolvimento dos estudantes, favorecendo a homogeneidade e a uniformização das estratégias pedagógicas (BERBETZ, 2019). Essas posturas priorizam o padrão comum, ignorando as diferenças, tanto na disciplina de Matemática, que é o foco do material apresentado e redesenhado neste estudo, como em outras disciplinas escolares.

Se pensarmos no estudante cego, um dos integrantes do público-alvo desta pesquisa, percebemos que embora exista “uma simbologia específica na comunidade de pessoas cegas, o braile, a transcrição de símbolos matemáticos para esta simbologia não é suficiente



para ensinar Matemática, uma vez que não possui, principalmente, a função de substituir uma imagem” (BERBETZ, 2019, p. 21). Nesse contexto, o ensino da Matemática voltado para a inclusão representa um desafio tanto para o professor quanto para o aluno, devido ao caráter visual dessa disciplina, que utiliza recursos visuais para a compreensão dos conceitos.

No ideal de proporcionar formas efetivas de promover a educação inclusiva, a Lei nº 13.146, em seu capítulo IV, que trata do direito à educação, recomenda a realização de “pesquisas voltadas para o desenvolvimento de novos métodos e técnicas pedagógicas, de materiais didáticos, de equipamentos e de recursos de tecnologia assistiva” (BRASIL, 2015, art. 28). Seguindo essa perspectiva, na próxima seção apresentaremos a metodologia da pesquisa desenvolvida para a elaboração do MMT2.

### **3 Metodologia da pesquisa**

A pesquisa foi conduzida utilizando uma abordagem qualitativa e teve como objetivo validar o material MMT2, que foi desenvolvido com base no MMT1, pelo mesmo estudante cego que participou da pesquisa de Berbetz (2019). Foram analisados diversos aspectos para verificar possíveis melhorias no material original, incluindo a resistência do produto, ergonomia e organização do layout das informações.

O estudo seguiu as seguintes etapas: uma entrevista semiestruturada com o estudante cego, abordando questões relacionadas ao MMT1 e possíveis dificuldades de manipulação; o desenvolvimento do MMT2 com base nas informações coletadas; e um teste do MMT2 realizado pelo estudante cego, seguido de uma nova entrevista semiestruturada para avaliar se as modificações facilitaram a utilização do material e a compreensão dos conteúdos matemáticos.

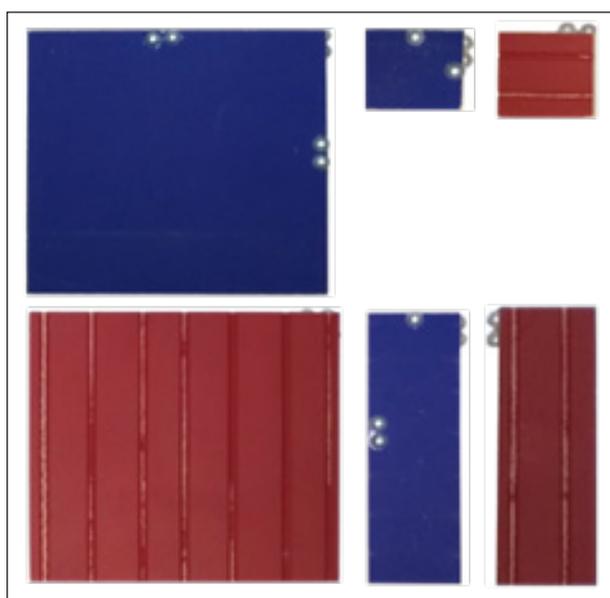
A entrevista com o estudante cego desempenhou um papel fundamental na escolha de texturas, padrões e tamanhos para o desenvolvimento do MMT2, buscando atender às recomendações do Comitê sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência da ONU:

As pessoas com deficiência geralmente não são consultadas na tomada de decisões sobre questões relacionadas ou que afetam suas vidas, e as decisões ainda são tomadas em seu nome. Nas últimas décadas, a importância de consultar pessoas com deficiência foi reconhecida graças ao surgimento de movimentos de pessoas com deficiência que exigem o reconhecimento de seus direitos humanos e seu papel na determinação desses direitos. O lema “nada sobre nós sem nós” ecoa a filosofia e a história do movimento pela defesa dos direitos das pessoas com deficiência, baseado no princípio da participação genuína. (ONU, 2018, p. 2, tradução nossa).

Dessa forma, reconhecemos que a participação desse estudante no desenvolvimento do material contribuiu para uma educação de qualidade e, principalmente, inclusiva, uma vez que ele testou e avaliou os materiais. Na época da pesquisa, o estudante cego tinha 16 anos e frequentava o 8º ano do Ensino Fundamental em uma escola estadual na cidade de Curitiba, Paraná. Nessa escola, existe uma sala de apoio para alunos com deficiência visual, onde os professores produzem materiais didáticos utilizando insumos acessíveis para auxiliar no ensino desses estudantes. No entanto, esses instrumentos não possuem durabilidade devido aos materiais utilizados e ao constante manuseio.

Entre os materiais didáticos disponíveis na sala de apoio, encontra-se o MMT1, que consiste em um conjunto de placas de madeira com espessura de 1 cm, com formas geométricas de prismas. As placas possuem bases quadradas com lados de 10 cm e 3 cm, e bases retangulares com lados de 3 cm e 10 cm (Figura 2).

**Figura 2.** MMT1 – vista superior



**Fonte:** Berbetz (2019, p. 63).

As peças foram feitas de madeira, com uma das faces (bases) lisa e na cor azul, enquanto a outra face é vermelha e possui uma cavidade linear. O objetivo é representar números positivos com a superfície lisa e números negativos com a superfície com ranhuras, abordando conceitos de álgebra, conforme descrito em Berbetz (2019).

Para identificar cada face da peça, foram utilizadas representações em braille, utilizando meia pérola de artesanato para identificar os pontos do sistema de escrita. Isso pode ser observado na Figura 3.

**Figura 3.** Representação em braile

**Fonte:** Berbetz (2019, p. 64).

É importante observar que o MMT1 já possui características que o tornam acessível para estudantes videntes e cegos, o que demonstra uma abordagem inclusiva em sua concepção. No entanto, durante o uso, foram identificadas algumas áreas que podem ser aprimoradas para melhor atender às necessidades dos usuários.

Um dos desafios identificados é a formação de uma fresta entre as peças quando estão organizadas lado a lado, o que pode dificultar a leitura tátil dos pontos em braile. Além disso, a correta orientação das peças para a leitura do código braile também pode ser um obstáculo.

Acredita-se que o material desenvolvido pelo bacharel em Expressão Gráfica poderá solucionar essas questões, proporcionando uma melhor experiência de uso para estudantes cegos. Com melhorias no design das peças e na orientação dos pontos em braile, será possível garantir uma leitura tátil mais fluente e precisa, sem a formação de frestas ou dificuldades na identificação dos símbolos em braile. Essas melhorias contribuirão para tornar o MMT2 ainda mais acessível e efetivo como ferramenta de aprendizagem matemática inclusiva.

Para verificar se existiam outros desafios a serem superados na elaboração do MMT2, foi realizada uma entrevista semiestruturada com o estudante cego, abordando sua experiência com o MMT1. Algumas das questões destacadas foram:

1. Em relação ao MMT1, você conseguiu identificar todas as medidas necessárias para realizar as operações matemáticas com o material?
2. Houve dificuldades em utilizar o MMT1?
3. A espessura do MMT1 poderia ser menor?
4. Em quais aspectos o MMT1 poderia ser melhorado?
5. Qual padrão de textura seria mais adequado para diferenciar o lado negativo do positivo no gabarito?
6. Houve alguma dificuldade em utilizar a tabela de multiplicação?
7. Há algo que possa ser melhorado?



Essas questões visam identificar possíveis melhorias e desafios enfrentados pelo estudante cego ao utilizar o MMT1, a fim de orientar o desenvolvimento do MMT2.

Também, a verificação da ergonomia e do layout do objeto em um software de modelagem tridimensional é uma abordagem importante para garantir que o MMT2 seja desenvolvido com precisão e atenda aos requisitos necessários. Com a habilidade do profissional bacharel em Expressão Gráfica, é possível realizar alterações e ajustes no design do objeto de forma mais fácil e precisa.

Além disso, a escolha do método de fabricação também desempenha um papel crucial na produção do material. Dependendo da forma e dos insumos definidos para o MMT2, diferentes técnicas de fabricação podem ser adotadas, como impressão 3D, usinagem CNC, moldagem por injeção, entre outras. Cada método de fabricação tem suas vantagens e limitações, e é importante selecionar o mais adequado para garantir a durabilidade, qualidade e acessibilidade do produto final.

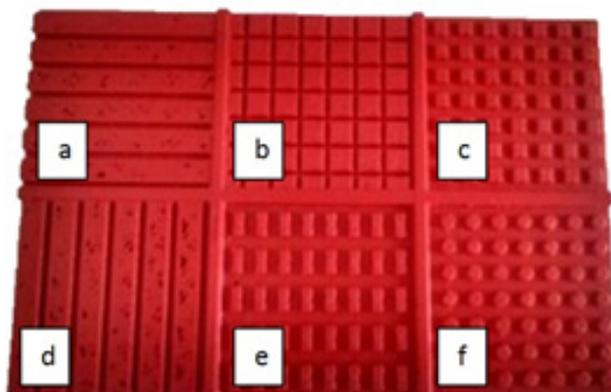
Ao considerar a ergonomia, o layout e o método de fabricação, busca-se assegurar que o MMT2 seja um objeto bem projetado, de fácil utilização e durável, cumprindo seu propósito de auxiliar no ensino e aprendizagem da Matemática para estudantes cegos.

#### **4 O processo de produção do MMT2**

Para a confecção do MMT2, optou-se pela utilização da impressão 3D, que é um sistema de manufatura aditiva em que o objeto tridimensional é formado pela adição de material camada por camada. O material escolhido para a impressão foi o filamento de plástico PLA, um polímero biodegradável. Essa escolha foi feita levando em consideração a leveza do material, sua durabilidade e o fato de não ser flexível, o que não interferiria na leitura tátil.

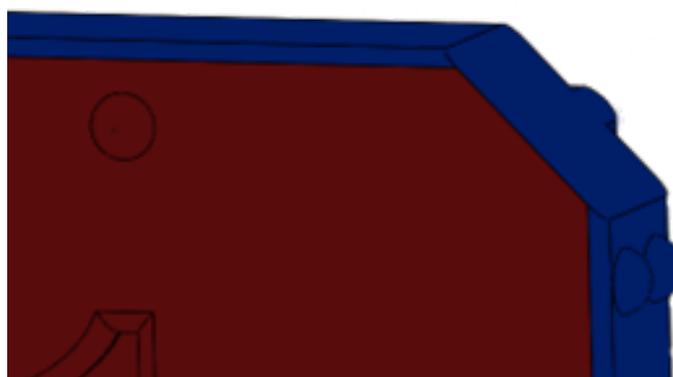
A modelagem digital das placas/peças do MMT2 foi realizada no software SolidWorks®. Durante o processo de modelagem, foi considerada a necessidade de arredondar todas as arestas das placas, visando proporcionar maior conforto ao toque e manipulação.

Uma das questões abordadas na primeira entrevista semiestruturada foi relacionada ao gabarito de textura. O gabarito desenvolvido, conforme apresentado na Figura 4, é composto por seis opções diferentes, permitindo a escolha da textura mais adequada para diferenciar o lado positivo do lado negativo do MMT2.

**Figura 4.** Placa com texturas**Fonte:** Acervo dos autores.

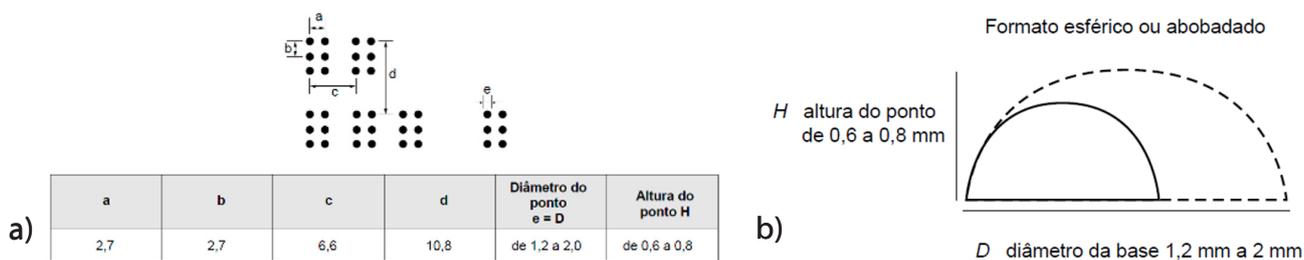
A partir do gabarito de texturas fornecido, o estudante teve a oportunidade de escolher aquela que melhor diferenciava a face lisa da superfície texturizada, levando em consideração a ergonomia das texturas. Dentre as opções disponíveis, o estudante indicou que as texturas com maior espaçamento entre as formas eram as mais adequadas e confortáveis ao toque. Especificamente, o estudante optou pela textura com padrão de forma retangular (Figura 4e).

Durante a entrevista, quando questionado sobre o material original (MMT1), o estudante afirmou que não teve dificuldades para identificar as dimensões das peças ou diferenciar o lado positivo do negativo. No entanto, ele destacou que havia certa confusão em relação às inscrições em braile, pois não indicavam a posição correta de leitura para identificar o comprimento e a largura da peça. Para solucionar esse problema, foi adicionado um chanfro no canto superior esquerdo do modelo (Figura 5), que serve como um indicador visual para a posição correta de leitura das informações em braile.

**Figura 5.** Detalhe do chanfro**Fonte:** Acervo dos autores.

Quanto às dimensões das inscrições em braile, é importante mencionar que existe uma normativa específica publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a NBR 9050 (ABNT, 2015), que estabelece as especificações para a construção de caracteres em braile, incluindo o tamanho e a posição dos pontos. A Figura 6 apresenta algumas dessas especificações contidas na norma.

**Figura 6.** Ponto em braile – NBR9050:  
a) arranjo geométrico; b) formato do relevo

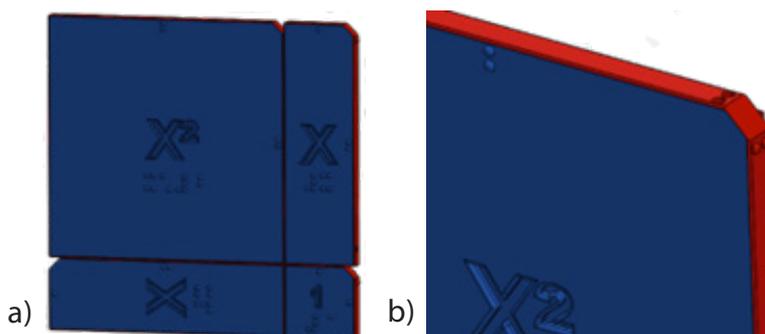


**Fonte:** ABNT (2015).

Cabe ressaltar que, no MMT1, os pontos em braile foram realizados com meia pérola de artesanato. No entanto, durante o manuseio, muitas dessas pérolas descolaram, o que dificultou a leitura pelo estudante cego. Para solucionar esse problema, no MMT2, pensou-se em adicionar um encaixe em alto relevo nas laterais das peças, de modo que, quando as peças fossem posicionadas juntas, não houvesse frestas entre elas, uma das dificuldades observadas com a manipulação do MMT1.

A Figura 7 apresenta a modelagem digital da proposta. No MMT2, a espessura das peças foi reduzida para 6 mm, enquanto o diâmetro do ponto em braile foi definido como 2 mm. O sistema de encaixe, desenvolvido para evitar as frestas, segue um formato positivo-negativo, em que a forma em relevo com as informações em braile de uma peça se encaixa em uma cavidade da outra peça. Conforme mostrado na Figura 7, também foram adicionadas inscrições em baixo relevo e códigos braile correspondentes na face lisa das peças.

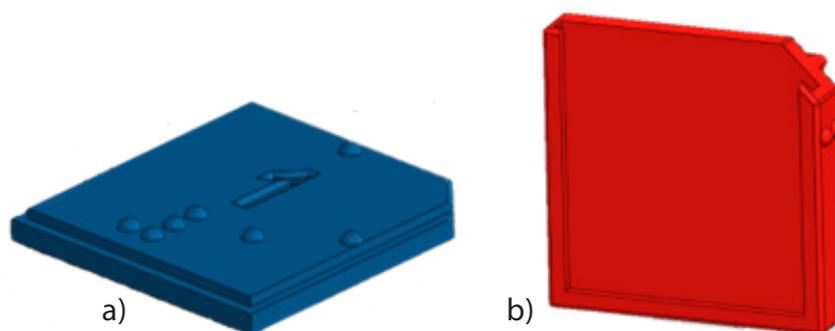
**Figura 7.** a) Peças encaixadas; b) detalhe de uma peça



**Fonte:** Acervo dos autores.

Após a conclusão da modelagem digital de todas as peças, foram realizados testes de impressão. No total, foram realizados quatro testes com as peças em diferentes posições, com o objetivo de identificar a posição que resultasse em um acabamento, apresentação visual e textura mais eficientes. A modelagem digital que atendeu a essas especificações foi a que incorporou um sistema de encaixe, e o resultado final foi impresso conforme ilustrado na Figura 8, tanto na posição horizontal quanto na vertical.

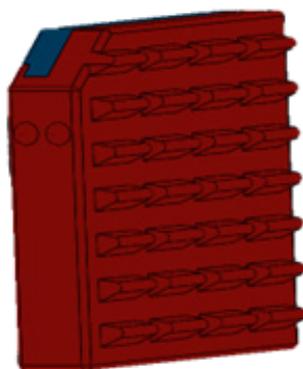
**Figura 8.** Modelo com encaixe:  
a) lado A positivo; b) lado B



**Fonte:** Acervo dos autores.

Para evitar a necessidade de suportes de impressão na Figura 8b, que são resíduos produzidos durante o processo de impressão 3D e devem ser removidos do produto final, uma pequena alteração foi feita na forma da textura. As faces laterais foram inclinadas em um ângulo de 45° (limite para evitar a criação de suportes pela impressora 3D), como mostrado na Figura 9. Essa modificação permite uma impressão mais limpa e sustentável.

**Figura 9.** Detalhe da nova textura – verso da Figura 8b



**Fonte:** Acervo dos autores.

A Figura 10a apresenta as peças 1,  $X$ ,  $X^2$  e  $X^2+1$  nesse modelo, mostrando como elas podem ser encaixadas para realizar algumas das operações mencionadas por Berbetz (2019).

**Figura 10.** MMT2 impresso:  
a) peças encaixadas; b) detalhe de uma peça



**Fonte:** Acervo dos autores.

Após a conclusão do processo de construção do material, o conjunto foi avaliado pelo estudante cego.

## 5 Análise do material didático

Para a avaliação pelo estudante cego, foi elaborado um segundo questionário contendo perguntas sobre aspectos anatômicos referentes ao MMT2:

1. Você consegue compreender o formato da peça e as dimensões?
2. É possível diferenciar a face lisa da face com textura?
3. Você consegue ler os pontos em braile? Esses pontos estão em um tamanho adequado?
4. Essas peças foram construídas com os lados separados para serem encaixados. Você consegue sentir o friso do encaixe? Isso atrapalha na utilização da peça?
5. Comparando esse material (MMT2) com o anterior (MMT1), qual é a sua consideração?
6. Quanto à rugosidade do material e conforto, o que você pode dizer?

Com relação ao primeiro questionamento, o estudante conseguiu identificar as peças apresentadas, indicando suas medidas, bem como a face lisa e com texturas.

Em relação à representação em braile, o estudante comparou com o material original e sugeriu que os pontos do código poderiam ser maiores. No entanto, quando perguntado se teve alguma dificuldade na leitura, ele afirmou que o tamanho era suficiente para uma leitura confortável. Foi explicado ao estudante que, na confecção do MMT2, foram seguidos os indicativos da NBR9050 (ABNT, 2015) sobre dimensões, formato e distâncias para essas representações.

Quanto aos relevos e cavidades localizados nas laterais das peças, houve uma pequena confusão por parte do estudante, que ficou em dúvida se realmente se tratava de uma letra



em braile. Também foi necessário explicar a ele o propósito das reentrâncias, que são utilizadas para encaixar os pontos do código braile quando as peças são posicionadas lado a lado. Essas reentrâncias são necessárias para garantir a correta junção das peças, evitando frestas durante as operações algébricas com o material.

O estudante foi questionado se conseguia sentir a linha de junção entre as duas partes de uma peça, e ele respondeu que sim, mas que isso não prejudicava a funcionalidade da peça dentro do material didático. Uma maneira de solucionar essa percepção seria preencher a linha de junção com massa acrílica, lixar e pintar, uma estratégia pensada após a entrevista com o entrevistado.

Ao solicitar uma comparação em relação ao material original, o estudante respondeu que havia diferença nas dimensões, mas ambos representavam os mesmos objetos e poderiam ser utilizados indistintamente. Dessa forma, concluímos que, com as melhorias em aspectos de resistência, durabilidade e ergonomia do material modificado em relação ao material didático original, ambos são igualmente satisfatórios.

Por fim, foi perguntado sobre aspectos gerais do material, como a rugosidade das faces e o conforto ao manusear as peças. O estudante afirmou que não existem pontos no material em que a rugosidade cause desconforto e que, de modo geral, o material didático cumpre seu objetivo de auxiliar na compreensão de conceitos matemáticos.

Analisando o MMT2 sob o ponto de vista dos aspectos do DU indicados por Berbetz (2019), o material proporciona:

- **Uso igualitário:** O MMT2 foi projetado levando em consideração as necessidades de estudantes videntes, com baixa visão e cegos. Isso significa que o material é acessível e pode ser utilizado por todos os alunos, independentemente de suas habilidades visuais. Ao promover a inclusão, o MMT2 contribui para um ambiente educacional mais equitativo, em que todos os alunos têm a oportunidade de participar ativamente e aprender de maneira eficaz.
- **Flexibilidade de uso:** O MMT2 foi adaptado para atender às necessidades e percepções específicas do estudante cego. Além disso, foram utilizadas cores contrastantes para beneficiar o estudante com baixa visão. Essa flexibilidade de uso permite que diferentes alunos possam interagir com o material de acordo com suas capacidades individuais, garantindo uma experiência personalizada e eficiente de aprendizado.
- **Uso simples e intuitivo:** O MMT2 foi projetado de forma a não apresentar complexidade em seu uso. A disposição das peças lado a lado para a resolução das atividades é uma abordagem simples e compreensível. Isso permite que os alunos se



concentrem no conteúdo matemático em vez de lidar com a complexidade da manipulação do material. O uso intuitivo facilita o engajamento dos estudantes e contribui para uma experiência de aprendizado mais eficaz.

- **Informações facilmente perceptíveis:** O MMT2 incorpora a representação em braile, tornando as informações facilmente perceptíveis para estudantes cegos. A presença dos pontos em braile nas peças do material permite que os alunos cegos acessem e compreendam os conceitos matemáticos de forma independente. Essa representação inclusiva facilita a participação ativa dos estudantes cegos nas atividades de aprendizado e promove a igualdade de oportunidades educacionais.
- **Tolerância ao erro e segurança:** Durante a avaliação realizada pelo estudante cego, ficou evidente que o MMT2 é seguro e não apresenta riscos durante a manipulação. Além disso, o fato de o material ser mais leve do que o MMT1 contribui para uma experiência de uso mais confortável. A tolerância ao erro está relacionada à flexibilidade do material em permitir que os alunos experimentem, cometam erros e aprendam com eles sem consequências negativas. Essa abordagem promove um ambiente de aprendizado seguro, encorajador e propício à exploração e ao crescimento acadêmico.

Diante dessas considerações, pode-se concluir que o projeto de modificações do MMT2 segue a perspectiva do DU, pois pode ser facilmente utilizado e compreendido por pessoas cegas, com baixa visão ou videntes, promovendo a inclusão e acessibilidade no aprendizado de conceitos matemáticos.

Analisando as operações realizadas no MMT2 em relação ao MMT1, ou seja, considerando-se o redesign, é possível indicar:

- **Identificação das peças:** No MMT2, as peças foram identificadas com a representação de símbolos matemáticos em baixo relevo como 1, X,  $X^2$  e  $X^2+1$ . Essa identificação permite aos estudantes cegos e com baixa visão reconhecer e diferenciar as peças com facilidade.
- **Compreensão do formato e dimensões:** O estudante conseguiu compreender o formato das peças do MMT2 e identificar suas dimensões. Isso é importante para que possa manipular e utilizar as peças de forma correta durante as atividades.
- **Diferenciação entre faces lisas e com textura:** O MMT2 apresenta diferenças de textura entre as faces das peças, permitindo que os estudantes possam distinguir entre a face lisa e a face com textura. Essa diferenciação auxilia na realização das operações e na compreensão dos conceitos matemáticos.



- **Leitura dos pontos em braile:** O MMT2 possui pontos em braile para representar informações adicionais nas peças, ambos construídos em mesmo material. Com isso, os estudantes cegos conseguem ler esses pontos e utilizá-los em operações matemáticas. Embora tenham sido sugeridas melhorias no tamanho dos pontos, o estudante afirmou que era possível fazer a leitura de forma confortável.
- **Encaixe das peças:** As peças do MMT2 foram projetadas com lados separados para serem encaixadas, possibilitando a diferenciação por cores. O estudante conseguiu sentir o friso do encaixe entre as peças e, apesar de mencionar que poderia ser preenchido para maior conforto, afirmou que a funcionalidade das peças não era prejudicada.

Em resumo, o MMT2 apresentou melhorias em relação ao MMT1, proporcionando um material didático mais acessível e adequado às necessidades de estudantes cegos. As formas e características físicas das peças, como identificação, diferenciação de texturas, pontos em braile e encaixe, auxiliaram na realização das operações matemáticas, facilitando a compreensão dos conceitos e tornando o material mais funcional para os estudantes com deficiência visual.

### **Considerações finais**

Este artigo buscou destacar as contribuições do bacharel em Expressão Gráfica na construção de materiais didáticos para o ensino de Matemática destinados a pessoas cegas, sob a perspectiva do DU. Reconhecemos a importância deste trabalho, uma vez que, embora a educação inclusiva seja abordada em leis, decretos e outras medidas governamentais há várias décadas, ainda existem diversos desafios na educação de pessoas com deficiência.

É responsabilidade do Estado garantir os direitos das pessoas com deficiência, incluindo-as em escolas regulares. Por sua vez, as escolas devem fornecer um ambiente inclusivo, adaptando-se às necessidades e capacidades de cada estudante, conforme estabelecido na Declaração de Salamanca (UNESCO, 1994).

Nessa lógica, o DU, originalmente desenvolvido para a arquitetura, desempenha um papel importante na inclusão de pessoas com deficiência em diversos ambientes físicos. No contexto educacional, ele possibilita especialmente a criação de materiais didáticos que atendam às necessidades de cada aluno, garantindo que todos tenham acesso à educação com oportunidades equitativas, de acordo com suas habilidades e necessidades individuais (RICARDO; SAÇO; FERREIRA, 2017; CAMARGO, 2017; BOCK; GESSER; NUERNBERG, 2018).



Ao abordar o ensino de pessoas cegas, é fundamental utilizar materiais táteis que completem as explicações orais dos conceitos. Nesse sentido, é importante considerar a ergonomia desses materiais, garantindo que suas dimensões e texturas sejam projetadas de forma a maximizar sua eficácia na representação dos conceitos apresentados. A diferenciação de texturas deve ser clara, permitindo distinguir as diferentes faces e materiais utilizados no material didático. Além disso, a aplicação de cores em contraste é crucial para os estudantes com baixa visão. Esses são alguns dos aspectos em que o bacharel em Expressão Gráfica contribui para a educação, uma vez que a maioria dos cursos de licenciatura não aborda em suas grades curriculares temas relacionados ao desenvolvimento de materiais didáticos sob uma perspectiva inclusiva.

Na elaboração do MMT2, a produção por meio de impressão 3D mostrou-se satisfatória e resistente em comparação ao material original. Além disso, ao combinar a modelagem com os conhecimentos em métodos de representação gráfica e ferramentas para concretização de ideias, o bacharel em Expressão Gráfica teve facilidade em realizar modificações no projeto, sem exigir um esforço significativo. Essas habilidades e conhecimentos específicos são essenciais para a criação de materiais didáticos acessíveis e eficientes, garantindo a inclusão e a igualdade de oportunidades no processo educacional para pessoas cegas.

Além disso, no que diz respeito aos aspectos físicos do material didático, o bacharel em Expressão Gráfica contribuiu com seus conhecimentos sobre ergonomia, composição, materiais e revestimentos adquiridos ao longo de sua formação acadêmica. Em relação à ergonomia, foram considerados os aspectos relacionados à interação entre o usuário e o material. Por exemplo, o formato do MMT2 foi projetado de modo a não possuir cantos afiados ou superfícies ásperas, proporcionando um toque confortável para o estudante cego. Os conhecimentos sobre materiais e revestimentos foram fundamentais para selecionar a matéria-prima mais adequada na confecção dos protótipos do MMT2. Vale ressaltar que o MMT1 foi produzido em madeira, que poderia ter sido utilizada como material nesta pesquisa, porém, devido à necessidade de realizar modificações e testes, a utilização de madeira demandaria muito tempo.

No que se refere à composição, os conhecimentos do bacharel em Expressão Gráfica foram aplicados na organização do layout das peças, bem como na definição de suas dimensões. Durante o curso, o bacharel vivencia diversos processos de fabricação, e essa experiência foi aplicada ao decidir a melhor forma de produzir o material didático, levando em consideração a anatomia dos estudantes. Essa expertise foi fundamental para garantir a fidelidade ao projeto original do MMT2 e facilitar o processo de testes e modificações nas peças.

Portanto, os conhecimentos do bacharel em Expressão Gráfica em relação à ergonomia, composição, materiais e processos de fabricação desempenharam um papel fundamental na criação de um material didático eficiente, confortável e adaptado às necessidades dos estudantes cegos. Além de participar da execução de um projeto, o bacharel em Expressão



Gráfica também tem a capacidade de contribuir na concepção desses materiais, por meio de pesquisas e entrevistas com os usuários finais do produto, como foi evidenciado neste artigo, ao propor modificações para aprimorar o material didático. Também, reforça-se a importância de contar com a expertise desse bacharel no contexto da educação inclusiva, especialmente no que diz respeito à produção de materiais didáticos acessíveis.

## Referências

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9050:2015*: acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

BERBETZ, Márcia Regina Silva. *Educação matemática inclusiva: o material didático na perspectiva do desenho universal para área visual*. 2019. 148 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-graduação em Educação: Teoria e Prática de Ensino, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

BERBETZ, Márcia Regina Silva Berbetz; GÓES, Anderson Roges Teixeira. Placas Algébricas: recurso didático na perspectiva do desenho universal para aprendizagem na educação matemática. *Educação e Cultura Contemporânea*, Rio de Janeiro, v. 17, n. 52, p. 331-351, 2020.

BOCK, Geisa Letícia Kempfer; GESSER, Marivete; NUERNBERG, Adriano Henrique. Desenho Universal para a Aprendizagem: a produção científica no período de 2011 a 2016. *Revista Brasileira de Educação Especial*, Marília, v. 24, n. 1, p. 143-160, jan./mar. 2018.

BRASIL. *Decreto nº 6.949, de 25 de agosto de 2009*. Promulga a convenção internacional sobre os direitos das pessoas com deficiência e seu protocolo facultativo, assinados em Nova York, em 30 de março de 2007. Brasília: Presidência da República, 2009. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/decreto/d6949.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6949.htm). Acesso em: 30 jan. 2022.

BRASIL. *Lei nº 9394, de 20 de dezembro de 1996*. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília: Presidência da República, 1996. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm). Acesso em: 30 jan. 2022.

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: Presidência da República, 2015. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm). Acesso em: 30 jan. 2022.

CAMARGO, Eder Pires de. Inclusão social, educação inclusiva e educação especial: enlaces e desenlaces. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 23, n. 1, p. 1-6, jan./mar. 2017. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132017000100001&script=sci\\_arttext&lng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132017000100001&script=sci_arttext&lng=pt). Acesso em: 30 jan. 2022.



CONTE, Márcia Regina Berbetz; GÓES, Anderson Roges Teixeira. Educação Matemática inclusiva: materiais manipuláveis adaptados na concepção do Desenho Universal. *In: Congresso Humanitas: Educação*, 1., 2018, Curitiba. *Anais [...]*. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2018.

ONU. Organização das Nações Unidas. Comité sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad. *Observación general núm. 7: sobre la participación de las personas con discapacidad, incluidos los niños y las niñas con discapacidad, a través de las organizaciones que las representan, en la aplicación y el seguimiento de la Convención*. [Genebra: ONU], 2018. Disponível em: [https://tbinternet.ohchr.org/\\_layouts/15/treatybodyexternal/Download.aspx?symbolNo=CRPD/C/GC/7&Lang=en](https://tbinternet.ohchr.org/_layouts/15/treatybodyexternal/Download.aspx?symbolNo=CRPD/C/GC/7&Lang=en). Acesso em: 17 set. 2019.

RICARDO, Débora Cristina; SAÇO, Livia Fabiana; FERREIRA, Eliana Lúcia. O desenho universal na educação: novos olhares diante da inclusão do ser deficiente. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, Araraquara, v. 12, n. esp. 2, p. 1524-1538, ago. 2017.

UNESCO. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. *Declaração de Salamanca: sobre princípios, políticas e práticas na área das necessidades educativas especiais*. Salamanca, Espanha: UNESCO, 1994. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/salamanca.pdf>. Acesso: 30 jan. 2022.

---

Recebido em: 14.3.2023

Revisado em: 11.5.2023

Aprovado em: 17.6.2023