



**TECNOLOGIAS ASSISTIVAS EDUCACIONAIS PARA O ENSINO E
APRENDIZAGEM DE MATEMÁTICA NA PERSPECTIVA DO DESENHO
UNIVERSAL**

Anderson Roges Teixeira Góes¹
José Ricardo Dolenga Coelho²
Nicholas Yuri Naufal³

RESUMO

O artigo explora o desenvolvimento e aplicação de Tecnologias Assistivas Educacionais (TAEs) no ensino de matemática proporcionando a inclusão de estudantes com ou sem deficiência, orientado pelos setes princípios do Desenho Universal (DU). O objetivo é proporcionar recursos acessíveis que superem barreiras na aprendizagem, proporcionando a autonomia e compreensão dos estudantes. A metodologia adotada inclui a criação de dois dispositivos: o *Mobile Plan*, voltado para o ensino de funções quadráticas e representação no plano cartesiano, e a *Math Balance*, projetada para facilitar a compreensão das operações algébricas de primeiro grau. Ambos os materiais foram desenvolvidos em projetos vinculados a universidades e financiados por agências de fomento como o CNPq e a Fundação Araucária, utilizando modelagem 3D e técnicas de impressão para garantir durabilidade, acessibilidade tátil e visual. Os resultados indicaram que essas TAEs atenderam aos sete princípios do DU, garantindo acessibilidade e segurança, além de possibilitar uma interação intuitiva com o conteúdo matemático. Testes em sala de aula mostraram que os dispositivos aumentaram o engajamento dos estudantes e facilitaram a aprendizagem de conceitos complexos. Conclui-se que o *Mobile Plan* e a *Math Balance* podem ser ferramentas eficazes para promover a educação inclusiva, contribuindo para a equidade no ensino de matemática e proporcionando a estudantes com diferentes habilidades a oportunidade de explorar e desenvolver conhecimentos matemáticos em um ambiente acessível.

Palavras-chave: Desenho Universal. Educação Matemática. Tecnologia Assistiva Educacional. Educação Básica. Recurso pedagógico.

**EDUCATIONAL ASSISTIVE TECHNOLOGIES FOR MATHEMATICS TEACHING
AND LEARNING FROM A UNIVERSAL DESIGN PERSPECTIVE**

ABSTRACT

The article explores the development and application of Educational Assistive Technologies (EATs) in teaching mathematics, promoting the inclusion of students with or without disabilities, guided by the seven principles of Universal Design (UD). The objective is to provide accessible resources that overcome learning barriers, fostering students' autonomy and comprehension.

¹ Doutor em Método Numéricos, Universidade Federal do Paraná, Grupo de Estudos e Pesquisas em Educação, Tecnologias e Linguagens (GEPETeL). <https://orcid.org/0000-0001-8572-3758>. E-mail: artgoes@ufpr.br

² Doutorando em Educação em Ciências e em Matemática, Grupo de Estudos e Pesquisas em Educação, Tecnologias e Linguagens (GEPETeL). <https://orcid.org/0000-0002-6615-9319>. E-mail: dolengacoelho@gmail.com

³ Bacharel em Expressão Gráfica, Universidade Federal do Paraná, Grupo de Estudos e Pesquisas em Educação, Tecnologias e Linguagens (GEPETeL). <https://orcid.org/0009-0008-0248-4594>. E-mail: nicholas.naufal@ufpr.br



The methodology includes the creation of two devices: the Mobile Plan, designed for teaching quadratic functions and their representation on the Cartesian plane, and the Math Balance, developed to facilitate the understanding of first-degree algebraic operations. Both materials were developed through university-affiliated projects and funded by agencies like CNPq and Fundação Araucária, utilizing 3D modeling and printing techniques to ensure durability, as well as tactile and visual accessibility. The results indicated that these EATs met the seven principles of UD, ensuring accessibility and safety, while allowing intuitive interaction with mathematical content. Classroom tests showed that the devices increased student engagement and facilitated the learning of complex concepts. It is concluded that the Mobile Plan and Math Balance can be effective tools for promoting inclusive education, contributing to equity in mathematics teaching, and providing students with diverse abilities the opportunity to explore and develop mathematical knowledge in an accessible environment.

Keywords: Universal Design. Mathematics Education. Educational Assistive Technology. Basic Education. Teaching Material.

TECNOLOGÍAS ASISTIVAS EDUCATIVAS PARA LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE DE MATEMÁTICAS DESDE LA PERSPECTIVA DEL DISEÑO UNIVERSAL

RESUMEN

El artículo explora el desarrollo y la aplicación de Tecnologías Asistivas Educativas (TAE) en la enseñanza de matemáticas, promoviendo la inclusión de estudiantes con o sin discapacidad, guiado por los siete principios del Diseño Universal (DU). El objetivo es proporcionar recursos accesibles que superen barreras de aprendizaje, fomentando la autonomía y comprensión de los estudiantes. La metodología adoptada incluye la creación de dos dispositivos: el Mobile Plan, orientado a la enseñanza de funciones cuadráticas y su representación en el plano cartesiano, y el Math Balance, diseñado para facilitar la comprensión de operaciones algebraicas de primer grado. Ambos materiales fueron desarrollados en proyectos vinculados a universidades y financiados por agencias como el CNPq y la Fundación Araucária, utilizando modelado 3D y técnicas de impresión para garantizar durabilidad, así como accesibilidad táctil y visual. Los resultados indicaron que estas TAE cumplieron con los siete principios del DU, asegurando accesibilidad y seguridad, además de permitir una interacción intuitiva con el contenido matemático. Las pruebas en el aula mostraron que los dispositivos aumentaron el compromiso de los estudiantes y facilitaron el aprendizaje de conceptos complejos. Se concluye que el Mobile Plan y el Math Balance pueden ser herramientas eficaces para promover la educación inclusiva, contribuyendo a la equidad en la enseñanza de las matemáticas y proporcionando a estudiantes con diferentes habilidades la oportunidad de explorar y desarrollar conocimientos matemáticos en un entorno accesible.

Palabras clave: Diseño Universal. Educación Matemática. Tecnología Asistiva Educativa. Educación Básica. Material Didáctico.

INTRODUÇÃO

A Tecnologia Assistiva Educacional (TAE) pode não estar presente nas aulas de Matemática por alguns fatores, como a falta de formação específica para educadores sobre a utilização dessas tecnologias, recursos financeiros para aquisição de TAE, entre outros. Uma sociedade aberta à diversidade reflete sobre suas práticas



de segregação e busca alternativas para promover a inclusão social de pessoas com deficiência (Galvão Filho; Damasceno, 2008).

Assim, no contexto atual, as tecnologias assistivas educacionais (TAEs) emergem como recursos para superar barreiras no processo de ensino e aprendizagem dos componentes curriculares. A Tecnologia Assistiva é um campo interdisciplinar que abrange produtos, métodos e serviços voltados para a funcionalidade de pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida, buscando autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão na sociedade (Brasil, 2007). No entanto, para que cada estudante da sala de aula possa fazer uso das TAEs, essas necessitam ser desenvolvidas considerando a concepção do Desenho Universal (DU).

O DU, segundo Góes e Costa (2022), é uma abordagem para o campo da acessibilidade e da inclusão, pois possibilita a criação de produtos, ambientes e serviços a serem utilizados por todas as pessoas, independentemente de idade, habilidade ou condição física. O DU busca eliminar as barreiras que dificultam a participação plena e igualitária de cada sujeito da sociedade. Sendo a Educação uma parte da sociedade, os materiais didáticos concebidos nessa perspectiva podem proporcionar a equidade e a acessibilidade aos conceitos e conteúdo das diversas áreas do conhecimento.

Com isso, o presente artigo explora o potencial de duas TAEs que auxiliam o ensino e aprendizagem de matemática, possibilitando que estudantes com diferentes habilidades e estilos de aprendizagem tenham acesso aos conceitos e conteúdos matemáticos. Segundo Galvão Filho e Damasceno (2008) o acesso a recursos sociais, escolares e tecnológicos pode auxiliar o estudante na construção do conhecimento.

Assim, a primeira TAE é denominada de *Mobile Plan*, desenvolvida com a finalidade inicial de ser utilizada para o ensino e aprendizagem sobre funções quadráticas, mas que pode ser aplicada em conteúdos que associem a representação ou investigação no plano cartesiano. Essa TAE surge de uma necessidade de estudante participante do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), subprojeto Matemática, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

A segunda TAE é denominada de *Math Balance*, desenvolvida para a compreensão das operações algébricas envolvidas nas equações matemáticas de primeiro grau. A Tecnologia Assistiva Educacional (TAE) foi implementada por meio do Projeto Pesquisa Ação na Escola (PAE), desenvolvido pela Secretaria Municipal de Educação de Curitiba. Esta iniciativa foi conduzida pelo doutorando do Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e em Matemática (PPGECM) da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

Essas TAEs foram desenvolvidas no âmbito de projetos vinculados ao Grupo de Estudos e Pesquisas em Educação, Tecnologias e Linguagens (GEPETeL), por meio de projetos com fomento de edital universal do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e do Novos Arranjos em Pesquisa e Inovação – Tecnologia Assistiva (NAPI-TA) da Fundação Araucária.

Dessa form, apresenta o desenvolvimento dessas TAEs, na perspectivas dos setes princípios do DU, para que o estudante possa estar engajado, possibilitando a compreensão dos conceitos matemáticos, além de proporcionar habilidades como a autonomia, pensamento crítico e a criatividade dos estudantes.



DESENHO UNIVERSAL

O DU não se limita à acessibilidade física, mas proporciona aspectos como a comunicação, a informação e a interação. Isso significa que um ambiente ou produto projetado com base nos sete princípios do DU não só oportuniza o uso por pessoas com diferentes habilidades físicas, mas é intuitivo, seguro e eficiente para os usuários (Carletto; Cambiaghi, 2007). Com isso, o desenvolvimento de produtos e ambientes na concepção do DU, pode evitar a necessidade de adequações ou soluções especiais para atender às necessidades de pessoas com deficiência, idosos ou outros que possam ter dificuldades de acesso ou uso.

Muzzio (2022, p. 40) comenta que “o conceito de DU tornou mais vasto o entendimento do que se compreende por acessibilidade”, corroborando com as afirmações de Carletto e Cambiaghi (2007, p. 10) de que “o Desenho Universal não é uma tecnologia direcionada apenas aos que dele necessitam; é desenhado para todas as pessoas.”. Com isso, oportuniza-se a equidade na utilização e acesso a recursos e serviços por todos, pois o DU busca “[...] justamente, evitar a necessidade de ambientes e produtos especiais para pessoas com deficiências, assegurando que todos possam utilizar com segurança e autonomia os diversos espaços construídos e objetos” (Carletto; Cambiaghi, 2007, p. 10).

Durante a década de 1990, Ronald Mace e outros arquitetos, engenheiros e designers estabeleceram os sete princípios do Desenho Universal, que possibilitam critérios que buscam atender o maior número de pessoas independentemente de suas características físicas, habilidades e faixa etária, possibilitando o uso. Esses princípios são destacados no Quadro 1.

Quadro 1 – Sete princípios do DU para acessibilidade a todos

Princípios	Descrição
Igualitário	Garante que espaços e produtos sejam criados de forma igualitária para todas as pessoas, incluindo aquelas com diferentes deficiências, permitindo seu uso sem distinção.
Adaptável ou flexível	O design dos produtos ou espaços deve ser adaptável para atender a todas as necessidades, para qualquer uso.
Óbvio ou intuitivo	Produtos e espaços devem ter facilidade de assimilação e compreensão para o usuário, independentemente de sua experiência, habilidade ou conhecimento.
Conhecido ou informação de fácil percepção	A comunicação e a informação devem ser compreensíveis e adequadas ao público receptor, em diferentes aplicações, como o Sistema Braille, símbolos, entre outros.
Seguro ou tolerante ao erro	Produtos e ambientes devem ser projetados para reduzir os riscos e consequências de acidentes.
Sem ou baixo esforço físico	Produtos e ambientes devem ser confortáveis de usar, minimizando ações repetitivas e esforços desnecessários.
Abrangente	Estabelece dimensões apropriadas para acessar, alcançar, manipular e utilizar produtos e ambientes, visando atender a todos os tipos de usuário.

Fonte: Carletto e Cambiaghi (2007), com adequação pelos autores (2024).

Essa concepção de produtos e ambientes da sociedade pode estar inserida no ambiente escolar, uma vez que a escola apresenta inúmeras diversidade de indivíduos presentes na sociedade. Com isso, Coelho e Góes (2021) comentam que os sete princípios do DU servem como base para a criação de materiais manipulativos no



ambiente escolar, com o objetivo de superar as barreiras de aprendizagem individuais ou coletivos dos estudantes. Dessa forma, percebe-se que “[...] o DU possibilita a elaboração de materiais pedagógicos na perspectiva inclusiva, de modo que um maior número de crianças [estudante] pode explorar, com equidade de direitos, possibilidades de aprendizagem” (Cassano, 2022, p. 43).

O DU no ambiente escolar, proporciona a criação de um ambiente inclusivo, que possibilita a cada estudante um acesso com equidade a recursos educacionais em diferentes formatos, como organizados em uma sequência didática e com materiais de fácil percepção. Além disso, é proporcionado um ambiente seguro, com feedback construtivo e esforço físico reduzido, garantindo oportunidades de aprendizagem abrangentes, inclusive fora da sala de aula, para estudantes que necessitam de suporte adicional.

Neste contexto, a próxima seção apresenta o desenvolvimento de duas TAE para auxiliar o processo de ensino e aprendizagem de Matemática.

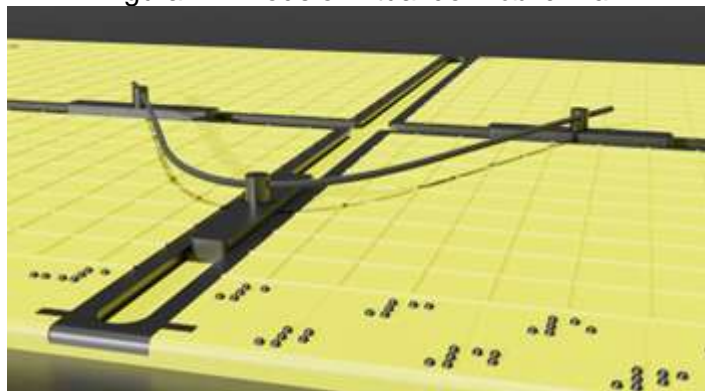
DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento das duas TAEs na perspectiva dos sete princípios do DU inclui o *Mobile Plan*, associado ao ensino e aprendizagem de funções quadráticas e demais conteúdos que podem ser representados no plano cartesiano, e o *Math Balance*, que oportuniza a compreensão das operações algébricas nas equações matemáticas de primeiro grau.

DESENVOLVIMENTO DO *MOBILE PLAN*

O primeiro passo foi identificar as necessidades do material, que surgiram a partir da experiência de uma estudante de licenciatura em Matemática da UTFPR, ao relatar as dificuldades de um estudante com deficiência visual durante as aulas de matemática. Após essa discussão inicial com a equipe, foi decidido que o material teria dimensões de até 60x60cm para garantir facilidade de manuseio, transporte e segurança. Além disso, foi acordado que as graduações do plano cartesiano seriam realizadas em alto relevo e que o material possuiria três pinos deslizantes (Figura 1): dois no eixo x (para indicar as raízes de uma função quadrática) e um no eixo y (indicando a coordenada em que a função intercepta tal eixo).

Figura 1 – Modelo virtual do *Mobile Plan*



Fonte: Autores (2024).

Após a discussão, a equipe da UFPR deu início à produção do material por



meio da modelagem 3D, utilizando uma impressora 3D e filamento PLA⁴. Embora tenha sido cogitada a fabricação com resina, optou-se pelo PLA para evitar possíveis deformações, conforme constatado em testes anteriores realizados nos laboratórios de prototipagem e fabricação do Departamento de Expressão Gráfica (DEGRAF).

Durante o processo de desenvolvimento foram estabelecidas outras condições para que o *Mobile Plan* estivesse em conformidade com os setes princípios do DU. Uma dessas condições foi a impressão dos números em simbologia tanto hindu-arábica quanto em Braille.

Inicialmente, o *software Blender*⁵ foi utilizado para criar as peças devido à sua flexibilidade e à familiaridade da equipe com o recurso. No entanto, após o refinamento das necessidades, optou-se por utilizar o *Autodesk Inventor*, um *software* de modelagem paramétrica que permite realizar alterações no modelo de forma rápida e dinâmica. Além disso, o *Autodesk Inventor 2024* permite exportar os arquivos da modelagem tridimensional no formato STL (*Standard Triangle Language*⁶), que é utilizado em impressoras 3D.

Para a impressão das peças, foi utilizada a tecnologia FDM (*Fused Deposition Modeling*⁷), ou Modelagem por Deposição Fundida. A conversão do formato STL para *GCode*, linguagem de controle utilizada pela impressora, foi realizada por meio de um programa fornecido pela impressora 3D *Cloner*, escolhido pela compatibilidade da impressora. Esse mesmo *software* foi utilizado para definir os parâmetros desejados para a impressão das peças, garantindo que fossem modeladas e convertidas. Após a definição do dimensionamento ideal, foram realizadas impressões de diversas configurações diferentes até chegar ao conceito final.

Figura 2 – Modelo impresso do *Mobile Plan*



Fonte: Autores (2024).

Dessa forma, as dimensões e graduações do *Mobile Plan* foram ajustadas para atender melhor às necessidades identificadas. Atualmente, o material possui graduações que vão de -7 a 7 nos eixos x e y, com espaçamento de quatro centímetros entre eles. As dimensões finais do plano são de 60x60cm, como proposto inicialmente,

⁴ PLA é um plástico biodegradável derivado de fontes renováveis, usado em impressão 3D por ser sustentável e fácil.

⁵ O *Blender* é um *software* de código aberto para modelagem e animação 3D, usado em design, animação, simulação, efeitos visuais, realidade virtual, impressão 3D e muito mais.

⁶ O STL é um formato de arquivo 3D que representa objetos usando triângulos, amplamente usado em impressão 3D e engenharia.

⁷ FDM é uma técnica de impressão 3D que extrude camadas de plástico fundido para criar objetos tridimensionais detalhados.



com cada quadrante contendo 30 centímetros, proporcionando uma leitura tátil fácil. Para os encaixes de cada quadrante, optou-se pelo uso de encaixes e pequenos imãs que, ao serem aproximados, unem os quadrantes com facilidade.

DESENVOLVIMENTO DO *MATH BALANCE*

A *Math Balance* é um recurso que ilustra o conceito de equilíbrio em equações matemáticas. Consiste em duas barras horizontais que podem girar em torno de um ponto central, semelhante a uma balança de pratos. Pode-se adicionar pesos em ambos os lados da balança para representar os termos de uma equação.

A demanda para o desenvolvimento do projeto surgiu no Projeto Pesquisa Ação na Escola (PAE), da Secretaria Municipal de Educação de Curitiba, com demanda do pesquisa de doutorado do Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e em Matemática (PPGECM) da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

A inspiração para o *Math Balance* advém do brinquedo educacional (Figura 2) que também utiliza a lógica de equilíbrio com balança de pratos. No entanto, o brinquedo trabalha apenas com igualdades simples e não foi projetado com base nos princípios do DU.

Figura 2 - Monkey Balance



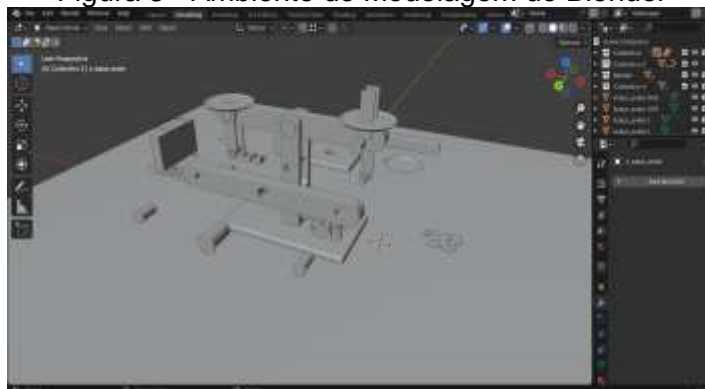
Fonte: Autores (2024).

Assim, baseado na necessidade do demandante percebeu a oportunidade de expandir a aplicação do material em sala de aula, adicionando incógnitas à equação, auxiliando os estudantes a entenderem melhor como as equações do 1º grau funcionam e como as variáveis podem assumir diferentes valores e interferir no resultado de uma equação. Assim, possibilita que a *Math Balance* um recurso de ensino dinâmico e participativo.

Para a modelagem inicial, construção e apresentação de diferentes possibilidades para a balança, incógnita e contrapesos (Figura 3), foi utilizado o programa Blender.



Figura 3 - Ambiente de Modelagem do Blender



Fonte: Autores (2024).

Esse processo possibilita a visualização e o teste de várias configurações e *designs* antes de se decidir pelo modelo atual (Figura 4).

Figura 4 - Modelo Final Mobile Plan



Fonte: Autores, 2024.

Em um estágio posterior, a modelagem foi recriada utilizando o *software* profissional *Autodesk Inventor*. Esse recurso possibilita uma montagem minuciosa e precisa de todas as peças, garantindo que cada componente da *Math Balance* se encaixasse perfeitamente, assegurando a funcionalidade produto final. Além disso, o *Autodesk Inventor* proporcionou a preparação dos arquivos para a impressão 3D, em um processo otimizado.

Com o modelo finalizado, avançamos para a etapa de prototipagem rápida por meio da impressão 3D. Essa fase possibilita que os *designers* e educadores avaliassem o produto físico antes de sua implementação, garantindo sua viabilidade e adequação para a utilização em sala de aula.

Durante o processo de impressão, foi uma prioridade garantir que as peças compartilhadas pelos dois lados da balança fossem produzidas com as mesmas configurações. Para isso, todas as impressões foram realizadas na mesma impressora e com o mesmo *GCode*, minimizando qualquer possibilidade de discrepância. Após a conclusão da impressão de todas as peças, procedemos com o acabamento.

Isso incluiu a remoção cuidadosa das superfícies de adesão e suporte, que são essenciais durante o processo de impressão 3D, mas não são parte integrante do produto final. Com todas as peças prontas e preparadas, avançamos para a montagem da *Math Balance*, conforme apresentado na figura 5.



Figura 5 - Math Balance impressa e montada



Fonte: Autores (2024).

A inserção de sinal de igualdade foi realizada na base da balança tanto em tinta quanto em Braille, aumentando a acessibilidade do produto. A base também foi projetada para permitir a inversão das operações possibilitando a representação de inequações. Esses detalhes demonstram o compromisso com a inclusão, acessibilidade e a versatilidade no design da *Math Balance*, tornando-a um recurso que possa ser utilizado por professores em diversas situações de aprendizagem.

Após a realização dos testes na sala de aula, recebemos *feedback* sobre a *Math Balance* e decidimos realizar algumas melhorias. Optamos por incluir rolamentos e remodelar os eixos centrais para tornar o movimento dos braços deslizantes. Essas alterações têm o objetivo de melhorar a experiência da utilização da balança, com a expectativa de tornar o ensino e aprendizagem das equações, proporcionando competências aos estudantes que possa auxiliar no cotidiano. No entanto, essas alterações não produziram o resultado esperado, dificultando o movimento suave e prejudicando a funcionalidade para utilização em sala de aula.

Assim, na Figura 6 em contraste, uma adequação da balança, com *design* simples, proporcionou uma experiência intuitiva, com movimento fluido e facilidade de utilização. Embora menos complexa, essa balança atendeu melhor às necessidades dos estudantes, facilitando aprendizagem em uma interação acessível com o conceito matemático. Essa balança em 3D, é recomendável utilizar materiais como PLA, conhecidos pela durabilidade e qualidade de acabamento. As peças podem ser impressas separadamente, garantindo precisão nos encaixes. A base e a estrutura principal podem ser uma peça única para sua firmeza, enquanto os pratos são impressos em separado, garantindo fácil montagem e desmontagem.

Figura 6 - Math Balance impressa e montada



Fonte: Autores (2024).



A montagem dessa balança possibilita o encaixe da base em “U” invertido, que sustenta a estrutura principal, proporcionando estabilidade. Em seguida, as hastes são conectadas na base, e os pratos são encaixados nas extremidades superiores. Pinos ou parafusos pretos médios garantem que a estrutura esteja firme, permitindo o equilíbrio necessário para a medição. Essa montagem é rápida e simplificada. Dessa forma na próxima seção apresentaremos os resultados na perspectiva do DU.

RESULTADOS E ANÁLISES

O desenvolvimento do *Mobile Plan* e *Math Balance* reflete o compromisso com a educação inclusiva e a acessibilidade no ambiente escolar. Desde a concepção, os setes princípios do DU foram considerados. As cores de alto contraste foram escolhidas para auxiliar pessoas com baixa visão. O dimensionamento das peças foi cuidadosamente planejado para evitar riscos de engasgo e permitir que a montagem seja realizada pelos estudantes. Para isso, pinos, roscas e arruelas foram dimensionados de forma segura, garantindo a resistência do produto; todas as suas arestas foram arredondadas, na modelagem ou fisicamente, com lixas, para eliminar superfícies pontiagudas.

O Quadro 2 apresenta a análise indicando como cada uma das TAE cumpre os princípios do DU, o que pode atender às necessidades específicas de cada estudante com diferentes habilidades e garantir a equidade no ensino de matemática.

Quadro 2 – Análise dos princípios do DU nas TAEs

Princípio	Mobile Plan	Math Balance
Igualitário	Acessibilidade para os estudantes com recursos como Braille e relevos táteis, proporcionando acesso igualitário.	Garante que espaços e produtos sejam criados de forma igualitária para todas as pessoas, incluindo aquelas com diferentes deficiências, possibilitando sua utilização sem distinção.
Adaptável ou flexível	Pode ser utilizado em sala de aula pelos estudantes com ou sem deficiência, proporcionando uma experiência inclusiva.	O <i>design</i> dos produtos ou espaços deve ser adaptável para atender as necessidades, para qualquer utilização.
Óbvio ou Intuitivo	Utilização de encaixes e imãs para oportunizar a compreensão e utilização pelos estudantes, reduzindo erros de montagem.	Produtos e espaços devem ter facilidade de assimilação e compreensão para o usuário, independentemente de sua experiência, habilidade ou conhecimento.
Conhecido ou informação de fácil percepção	Técnicas para tornar a informação perceptível em diferentes formas, como representação visual clara e leitura tátil.	A comunicação e a informação devem ser compreensíveis e adequadas ao público receptor, em diferentes aplicações, como o Sistema Braille, símbolos, entre outros.
Seguro ou tolerante ao erro	Encaixes precisos em formato de trapézio reduzem erros de montagem, garantindo resultados precisos e compreensão adequada.	Produtos e ambientes devem ser projetados para reduzir os riscos e consequências de acidentes.
Sem Esforço ou baixo esforço físico	Tamanho da fonte adequado para minimizar a tensão ocular dos estudantes, proporcionando uma leitura confortável e acessível.	Produtos e ambientes devem ser confortáveis de utilizar, minimizando ações repetitivas e esforços desnecessários.
Abrangente	Dimensionado considerando as restrições de tamanho das carteiras	Estabelece dimensões apropriadas para acessar, alcançar, manipular e utilizar



	escolares e da impressora 3D, com encaixes projetados para facilidade de uso.	produtos e ambientes, visando atender a todos os tipos de usuário.
--	---	--

Fonte: Autores (2024).

O *Math Balance* com seu *design* pensado e construído, incluindo cores de alto contraste e elementos táteis, é um recurso para o ensino de equações no ensino da matemática de forma prática e intuitiva. Durante os testes em sala de aula, observou-se que a *Math Balance* auxiliou os estudantes a explorarem conceitos abstratos de equilíbrio e igualdade, proporcionando uma experiência de aprendizagem participativa e interativa.

Por sua vez, o *Mobile Plan*, pode atender às necessidades de estudantes com deficiência visual, também se mostra um recurso adequado, possibilitando o estudo de diversos conceitos matemáticos, como funções, geometria analítica e localização de pontos no plano.

Ambos os materiais podem estar representados pelo campo estudo sobre a educação inclusiva e na educação Matemática, proporcionando experiências de aprendizagem acessíveis e inclusivas para os estudantes. A implementação desses materiais nas escolas pode contribuir para tornar o ensino de matemática inclusivo e equitativo, preparando os estudantes para um futuro igualitário e capacitando-os com as habilidades necessárias para o sucesso acadêmico e profissional.

CAMINHOS PARA POSSÍVEIS PARA UTILIZAÇÃO DAS TAES

Nessa seção apresentamos possíveis caminhos para utilização das TAes em conceitos matemáticos para interação no planejamento.

O *Mobile Plan* é um recurso visual que pode proporcionar o ensino em diversos conceitos matemáticos, que são representáveis no plano cartesiano. Para o estudo de funções quadráticas, ele permite que os estudantes visualizem o gráfico da função $f(x)=ax^2+bx+c$, que pode ser identificado o vértice da parábola, que representa o ponto máximo ou mínimo, dependendo da concavidade determinada pelo sinal positivo ou negativo do coeficiente a . Caso os estudantes manipulem o gráfico, podem explorar como os coeficientes a , b e c apresentam a posição da parábola, compreendendo a relação entre o eixo de simetria e as raízes, que são os pontos que a parábola cruza o eixo x . Esse processo de visualização auxilia a abstrair os conceitos de maneira prática, proporcionando a compreensão das características das funções quadráticas. Essa prática desenvolve a habilidade de investigar pontos de máximo e mínimo em contextos diversos (Brasil, 2018).

Além das funções quadráticas, o *Mobile Plan* pode representar funções lineares e explorar transformações geométricas. Utilizando funções lineares da forma $f(x)=mx+b$, os estudantes podem representar retas e entender como o coeficiente m (inclinação) e o coeficiente b (intercepta) apresentam a posição e a inclinação da reta. Isso possibilita uma compreensão visual dos sistemas lineares e das soluções gráficas. Isso possibilita uma compreensão visual dos sistemas lineares e das soluções gráficas, desenvolvendo a habilidade de converter funções lineares entre álgebra e geometria (Brasil, 2018).

O *Mobile Plan* também pode compreender as transformações geométricas, como translações, rotações e reflexões. Ao manipular figuras geométricas no plano, os estudantes podem observar como cada ponto se move, auxiliando a entender a simetria e as propriedades espaciais de maneira prática e intuitiva, para a construção



de conceitos de simetria e transformação no espaço bidimensional. Essa prática pode desenvolver a habilidade de usar transformações para construir e analisar figuras (Brasil, 2018).

Um outro conteúdo pode ser a Geometria Analítica, o *Mobile Plan* pode proporcionar cálculos de distâncias e pontos médios no plano cartesiano. Por exemplo, ao posicionar dois pontos, os estudantes podem calcular a distância entre eles, visualizando essa medida diretamente no plano. O ponto médio de um segmento de reta também pode ser explorado de forma prática, desenvolvendo a habilidade de aplicar relações métricas para resolver problemas (Brasil, 2018). Além disso, o *Mobile Plan* pode ser adequado para o conteúdo de Juros Simples na Matemática Financeira, representando o acúmulo linear de juros. Utilizando o *Mobile Plan* para criar gráficos, os estudantes podem visualizar o crescimento do montante total em uma linha reta ao longo do tempo, compreendendo a diferença entre o crescimento linear dos Juros Simples e o crescimento exponencial dos Juros Compostos. Isso desenvolve a habilidade de interpretar e comparar crescimento de juros simples e compostos (Brasil, 2018).

Já o recurso *Math Balance* possibilita aos estudantes visualizarem o conceito de equilíbrio e igualdade em uma equação; quando ambos os lados da balança estão equilibrados, percebem que as quantidades são iguais, representando a ideia de "igualdade". Ao desenvolverem essa habilidade, eles compreendem que a relação de igualdade permanece ao adicionar ou subtrair o mesmo valor em ambos os lados da equação (Brasil, 2018). Uma atividade que pode ser realizada é colocar pesos de valores conhecidos em um lado da balança e pedir aos estudantes que igualem esses pesos com outros no lado oposto, reforçando a noção de que uma equação representa um estado de equilíbrio.

Ela também possibilita a exploração do conceito de equação e solução; colocar pesos nos pratos representa valores e equilibrá-los simula o processo de resolução de uma equação. Uma atividade para esse conceito envolve propor equações simples, como $x+3=5$, o qual os estudantes devem encontrar o valor de "x" necessário para equilibrar os dois lados, promovendo a habilidade de elaborar e resolver problemas envolvendo variáveis (Brasil, 2018). Dessa forma, eles começam a entender o que significa "resolver uma equação" de forma prática, reflexiva e intuitiva.

Além disso, a *Math Balance* proporciona a compreensão das operações básicas e propriedades, como adição, subtração, multiplicação e divisão, bem como propriedades matemáticas, como comutatividade e associatividade, por meio da manipulação direta dos pesos na balança. Uma atividade possível é distribuir pesos em diferentes combinações e pedir que os estudantes reorganizem esses pesos mantendo o equilíbrio. Isso possibilita explorar a comutatividade (por exemplo, mostrando que $2+3=3+2$) e a associatividade (mostrando que $(2+3)+4=2+(3+4)$) de maneira concreta (Brasil, 2018).

A *Math Balance* possibilita apresentar o conceito de álgebra inicial, possibilitando que aos estudantes testem diferentes valores para "x" e descubram o valor necessário para equilibrar a equação, proporcionando o entendimento sobre os conceitos algébricos. Uma atividade relevante para esse conceito seria dar aos estudantes uma equação como $x+2y=10$ e propor que experimentem diferentes valores para "x" e "y" até encontrar uma combinação que equilibre os pratos, introduzindo, assim, a ideia de variáveis e soluções em sistemas de equações com duas incógnitas, desenvolvendo a habilidade de reconhecer e resolver expressões algébricas e de explorar equações lineares de forma intuitiva (Brasil, 2018).



Dessa forma, compreende-se que o *Mobile Plan* e o *Math Malance* possibilita a compreensão de conceitos matemáticos que buscam uma aprendizagem visual, abstrata, prática e intuitiva, conforme as habilidades específicas da BNCC (Brasil, 2018). Com isso, proporciona-se nessa seção alguns conceitos matemáticos que possam ser aplicados em sala de aula com as TAEs apresentado nesse artigo, possibilitando aos estudantes a construção de seu conhecimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento e implementação de TAEs baseadas nos setes princípios do DU buscam proporcionar a inclusão e acessibilidade no ensino de matemática, assumindo um compromisso de equidade de oportunidades a serem consideradas no planejamento do processo de ensino e aprendizagem, atendendo a diversidade de estudantes na sala de aula.

Os resultados indicam que tanto o *Mobile Plan* quanto o *Math Balance* cumprem os setes princípios do DU, utilizando elementos como cores de alto contraste, representações táteis e informações claras, pois podem proporcionar aos estudantes novos conceitos matemáticos associando com seu cotidiano.

É importante ressaltar que o *Math Balance* se destaca como um recurso para o ensino de equações matemáticas, materializando a “famosa balança” que se apresenta em diversos livros didáticos de Matemática. Do mesmo modo, o *Mobile Plan* possibilita o estudo de outros conceitos, não somente os demandados pela solicitante, mas possibilitando desde funções quadráticas à geometria analítica.

A implementação dessas TAEs nas escolas pode representar um avanço da promoção da educação inclusiva, preparando os estudantes para um futuro com equidade construindo habilidades para o desenvolvimento acadêmico e profissional. Essa possibilidade poder ser implementada em um outro momento, sugerindo uma abordagem pedagógica, por meio do planejamento do Desenho Universal para Aprendizagem (DUA), o qual os professores e gestores podem planejar unidades didáticas e currículos (objetivos, métodos, materiais e avaliações) que reduzam barreiras e ajustem níveis de desafios e apoios de forma diversificadas (Sebastián-Herederó, 2020). Assim, possibilitando atender à necessidade específica de cada estudante, para que possam construir seu conhecimento para interação com seu cotidiano.

Além disso, estão previstos testes de usabilidade e aplicação em sala de aula, inseridos em um planejamento pautado pelos princípios, diretrizes e considerações DUA, pois possibilitará a adequação dos recursos às diversas formas de aprendizagem dos estudantes, para que possam interagir com o conteúdo matemático de maneira acessível.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação Araucária (FA) para o desenvolvimento da pesquisa.



REFERÊNCIAS

BRASIL. Secretaria Especial dos Direitos Humanos. Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência. **Ata da VII Reunião do Comitê de Ajudas Técnicas – CAT, realizada nos dias 13 e 14 de dezembro de 2007**, Brasília: CORDE/SEDH/PR, 2007. Disponível em: https://www.assistiva.com.br/Ata_VII_Reuni%C3%A3o_do_Comite_de_Ajudas_T%C3%A9cnicas.pdf. Acesso em: 24 out. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Educação Infantil e Ensino Fundamental**. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br>. Acesso em: 20 out. 2024.

CASSANO, Adriana Rinaldi. **A Construção de Jogos Na Perspectiva do Desenho Universal Para Aprendizagem: Caminhos Possíveis para Experiências de Aprendizagem na Educação Infantil**. 2022. f. 159. Dissertação (Mestrado em Educação), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2022. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/handle/1884/80579>. Acesso em: 12 out. 2024.

CARLETTO, Ana Claudia; CAMBIAGHI, Silvana. **Desenho Universal: um conceito para todos. Brasil**, 2007. Disponível em: https://www.maragabrilli.com.br/wp-content/uploads/2016/01/universal_web-1.pdf. Acesso em 07 de out. de 2024.

COELHO, José Ricardo Dolenga; GÓES, Anderson Roges Teixeira. Geometria e Desenho Universal para Aprendizagem: uma revisão bibliográfica na Educação Matemática Inclusiva. **Educação Matemática Inclusiva: atendendo às necessidades/Educação Matemática Debate**, Monte Claros, v. 5, n. 11, p. 1 - 26, 2021. Disponível em: <https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/emd/article/view/4134/4668>. Acesso em 10 out. 2024.

GALVÃO FILHO, Teófilo Alves; DAMASCENO, Luciana Lopes. Programa InfoEsp: Premio Reina Sofia 2007 de Rehabilitación y de Integración. **Boletín del Real Patronato Sobre Discapacidad**, Ministerio de Educación, Política Social y Deporte, Madri, Espanha, n. 63, p. 14-23, ISSN: 1696-0998, abril, 2008.

GÓES, Anderson Roges Teixeira; COSTA, Priscila Kabbaz Alvez da. **Desenho universal e Desenho universal para aprendizagem: fundamentos, práticas e propostas para Educação Inclusiva**, In: Anderson Roges Teixeira Góes e Priscila Kabbaz Alves da Costa, (orgs), Do Desenho Universal ao Desenho Universal para Aprendizagem (p. 25-33). 2022. São Carlos: Pedro & João Editores. Disponível em: <https://pedroejoaoeditores.com.br/2022/wp-content/uploads/2022/05/DESENHO-UNIVERSAL-E-DESENHO-UNIVERSAL-PARA-APRENDIZAGEM.pdf> . Acesso em: 05 out. 2024.

MUZZIO, Andrea Lannes. **O Jogo Matemático com Princípios do Desenho Universal para Aprendizagem na Perspectiva da Educação Inclusiva**. 2022. f. 160. Dissertação (Mestrado em Educação), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2022. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/handle/1884/80580>.



Acesso em: 11 out. 2024.

SEBASTIÁN-HEREDERO, Eladio. Diretrizes para o Desenho Universal para a Aprendizagem: revisão de literatura. **Revista Brasileira de Educação Especial**, Bauru, v.26, n.4, p.733-768, out./dez. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1980-54702020v26e0155>. Acesso em: 18 out. 2024.