

DESIGN DE MATERIAL DIDÁTICO INCLUSIVO: ENSINO DA DIVISÃO DE FATORIAIS ACESSÍVEL À PESSOA COM DEFICIÊNCIA VISUAL

INCLUSIVE TEACHING MATERIAL DESIGN: TEACHING FACTORIAL DIVISION ACCESSIBLE TO PEOPLE WITH VISUAL IMPAIRMENTS

Taimara Mikieta de Paula¹
Maria Ivete Basniak²

Resumo

Diante da escassez de materiais didáticos que contemplem a divisão de fatoriais pelo método da simplificação para estudantes com deficiência visual, bem como da necessidade de desenvolver um recurso que contribua para a compreensão desse conteúdo, este artigo teve como objetivo descrever e discutir o desenvolvimento de um material utilizando a tecnologia de impressão 3D. Assumindo uma discussão metodológica, inserida no contexto da pesquisa insubordinada criativa, este artigo relata o processo de criação do material, iniciando pelas etapas que culminaram com sua primeira versão (protótipo). Após a fase de testes e a apresentação do protótipo em um evento científico, foram feitas reformulações baseadas nas sugestões recebidas nessas etapas. O resultado é um material final que passou por reformulações em contextos diferentes, tornando-o inclusivo para estudantes cegos, com baixa visão e videntes. Os resultados destacam que o desenvolvimento de materiais didáticos para estudantes com deficiência visual deve seguir um ciclo que envolve: rascunho, modelo 3D, configuração, fatiamento, impressão, acabamento, teste e reflexão. Este estudo aponta que a impressão 3D é eficaz para desenvolver materiais inclusivos adaptados conforme as particularidades dos estudantes.

Palavras-chave: insubordinação criativa; impressão 3D; inclusão.

Abstract

Given the scarcity of teaching material that includes division of factorials using simplification method for students with visual impairments, as well as the need to develop a resource that contributes to understanding this content, this paper had as aim at describing, discussing and problematizing development of an inclusive teaching material using 3D printing technology. Assuming a methodological discussion inserted in the context of creative insubordinate research, this paper reports the process of creating the material, starting with the steps that culminated in its first version (prototype). After testing phase and presentation of the prototype at a scientific event, reformulations were made based on suggestions received in these stages. The result is a final material that has undergone reformulations in different contexts, making it inclusive for blind, visually impaired and sighted students. Findings highlight that development of teaching materials for students with visual impairments must follow a cycle that involves draft, 3D model, configuration, slicing, printing, finishing, testing and reflection. This study points out that 3D printing is effective for developing inclusive materials adapted to students' particularities.

Keywords: creative insubordination; 3D printing; inclusion.

¹ Licencianda em Matemática, Universidade Estadual do Paraná (Unespar), União da Vitória, PR, Brasil, taimaramp2003@gmail.com; ORCID: 0009-0002-8019-0125.

² Professora Doutora, Universidade Estadual do Paraná (Unespar) Departamento de Matemática, União da Vitória, PR, Brasil, maria.basniak@ies.unespar.edu.br; ORCID: 0000-0001-5172-981X.

1. Introdução

No âmbito da Educação Matemática Inclusiva, é possível identificar um considerável número de discussões sobre o ensino de matemática para estudantes com algum tipo de deficiência, entre elas a visual (Fernandes; Healy, 2010; Koepsel, 2016; Nery; Sá, 2019). Tais discussões abordam a utilização de recursos didáticos e estratégias lúdicas, que no processo de aprendizagem matemática para estudantes cegos ou com baixa visão, são fundamentais para a compreensão dos conceitos, uma vez que a natureza visual³ da matemática se torna desafiadora para esses estudantes, já que muitos conceitos e processos dependem de representações gráficas ou visuais.

Constitucionalmente, a educação é tida como direito de todos e dever do Estado e da família, e sua promoção deve ser realizada com a colaboração da sociedade, visando ao pleno desenvolvimento do indivíduo (Brasil, 1998). Dessa forma, entendemos que, ao tratar de estudantes com deficiência visual, o acesso à educação, embora seja assegurado, nem sempre conta com professores que possuem formação especializada, capazes de realizar e/ou auxiliar adaptações curriculares a partir de métodos adequados, utilizando materiais didáticos adaptados, como livros em braile ou recursos táteis. A importância da utilização de recursos adaptados justifica-se pelo fato de que, especialmente na Matemática, é necessário recorrer a representações visuais para dar suporte à compreensão de determinados conteúdos e situações.

Entretanto, nem todas as escolas possuem professor com a formação adequada, fazendo com que as adaptações sejam difíceis de serem realizadas. Fernandes e Healy (2010) denunciam que, apesar de existirem leis que normatizam o processo de inclusão de estudantes com necessidades educacionais especiais, os professores, mesmo os mais experientes, afirmam que não se sentem preparados para enfrentar tal desafio.

As dificuldades enfrentadas no processo de ensino-aprendizagem pelos professores não se restringem aos alunos com necessidades educacionais especiais, mas sim a todos os alunos. Obviamente os professores, cidadãos críticos questionam sua formação acadêmica que não os preparou para ajustar o seu fazer pedagógico às necessidades dos seus alunos, tenham eles necessidades educacionais especiais ou não (Fernandes; Healy, 2010, p. 64-65).

Destarte, pensando em promover aulas inclusivas, surgiu o interesse e a necessidade de desenvolver um material didático para estudantes com deficiência visual empregando a tecnologia de impressão 3D. Essa tecnologia emergente vem ganhando destaque em diversas áreas, e gradualmente vem adentrando o cenário educacional.

A utilização dessa tecnologia surgiu da trajetória e experiência da primeira autora como bolsista dos Programas Institucionais de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI) e de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC). Esses projetos, em andamento desde 2016⁴ no curso de Licenciatura em Matemática da Universidade Estadual do Paraná têm contribuído para a pesquisa sobre a impressão 3D como uma inovação no processo de ensino e como possibilidade para a criação e adaptação de materiais didáticos para estudantes com deficiência visual, sob a orientação da segunda autora deste artigo.

³ Entende-se como natureza visual a representação de conceitos matemáticos através de elementos visuais, como gráficos, formas geométricas, desenhos, entre outros.

⁴ No período de 2016 a 2019, a pesquisa integrava o PIBIC. De 2020 até agosto de 2023, a pesquisa integrou o PIBITI. Em setembro de 2023, voltou a integrar o PIBIC.

Diante da escassez de materiais que abordem a divisão de fatoriais pelo método da simplificação para estudantes com deficiência visual, o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) da primeira autora teve como objetivo desenvolver um material didático nesse contexto, utilizando a impressão 3D. Desse modo, este artigo tem como objetivo discutir e descrever o processo de concepção, problematização e validação desse material, sem discutir o ensino e a aprendizagem da divisão de fatoriais.

1. Impressão 3D: características, utilizações e estudo das impressoras e softwares de modelagem e fatiamento

A prototipagem rápida possui diversas variações de nomenclatura, entre elas *manufatura aditiva* ou *impressão 3D*. Segundo Volpato (2021), *impressão 3D* é o termo mais utilizado, pois facilita e transmite o conceito ou princípio fundamental dos processos. Exposto isso, Aguiar (2016, p. 20) afirma que:

O termo “Impressão 3D” é relativamente novo; passou a ser um termo que engloba os dispositivos que, controlados por computadores, constroem objetos tridimensionais camada por camada. Essa associação deve-se à similaridade de arquitetura das impressoras 3D, principalmente das que depositam filamento fundido, com a arquitetura das impressoras de papel, que trabalham em duas dimensões.

Com destaque na Educação, a utilização da impressão 3D apresenta possibilidades para criação de materiais didáticos inovadores, recursos personalizados e materiais adaptados de acordo com as necessidades dos estudantes. Aguiar (2016) traz a impressão como possibilidade para a construção de materiais didáticos no Ensino de Ciências, especificamente nas disciplinas de Química, Física e Matemática, que requerem representações visuais para dar suporte à compreensão de conteúdos. Na Matemática em específico, Knill e Slavkovsky (2013) mencionam que a impressão 3D pode criar materiais para auxiliar a ilustração de conceitos em diversas áreas, como no Cálculo e na Geometria, visto que os modelos concretos deixam a aprendizagem dos conteúdos da matemática mais próximo dos estudantes.

Posto isso, ao utilizar a impressão 3D na fabricação de objetos de diversas áreas, destacamos a necessidade de seguir um conjunto de etapas para obter êxito no desenvolvimento do artefato desejado. Os conhecimentos prévios das impressoras e softwares não apenas facilitam a seleção dos materiais mais adequados para serem desenvolvidos, mas também permitem a avaliação de novas possibilidades de construção, abrindo caminho para criações personalizadas e adaptadas às necessidades específicas de cada modelo.

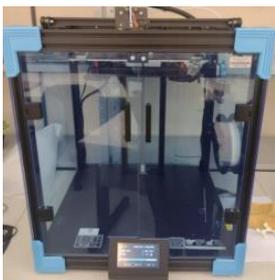
Durante a criação do material descrito neste artigo, três impressoras foram analisadas, duas delas utilizam a tecnologia *Fused Deposition Modeling* (FDM) para suas impressões, utilizando filamentos de materiais termoplásticos, como *Ácido Polilático* (PLA). Esse tipo de impressora alimenta o filamento, que passa pela extrusora e se torna maleável, sendo extrudado em camadas finas sobre a plataforma de construção, construindo o material por camadas. Ao final da impressão, é necessário remover o objeto da mesa, bem como retirar os suportes (caso tenha) e realizar pequenos ajustes de acabamento, como lixar as extremidades e envernizar o material.

O terceiro equipamento analisado foi uma impressora de resina, que opera com tecnologia de impressão distinta das impressoras de filamento. Tal impressora possui um tanque de resina e uma plataforma de construção. A resina é adicionada ao tanque e, durante o processo de impressão, a plataforma de construção, posicionada acima do tanque,

movimenta-se para cima e para baixo, mergulhando-a. Em seguida, um feixe de luz ultravioleta é projetado sobre a resina, solidificando as áreas atingidas pela luz. Esse processo permite a construção camada a camada do objeto desejado.

Conhecendo a tecnologia empregada nas três impressoras, no Quadro 1, especificamos algumas informações técnicas referentes a esses equipamentos.

Quadro 1: Características das impressoras 3D.

<i>Cliever Black Edition (filamento)</i>	
	Impressora lançada em 2014. Sua área de impressão é limitada a 18 cm x 18 cm x 10 cm, e seu extrusor possui diâmetro de bico de 0,4mm, o que colabora para impressões de peças detalhadas. Em contrapartida, torna pouco o fluxo de filamento que sai do bico de impressão, fazendo com que as impressões, mesmo que não sejam detalhadas, levem mais tempo para serem finalizadas. Além disso, a impressora não possui calibração automática, e o software da impressora é limitado, pois fornece poucas opções de ajustes.
<i>Creality Ender 6 (filamento)</i>	
	Impressora lançada em 2021 que possui área de impressão de 25 cm x 25 cm x 40 cm. O ambiente de impressão é controlado devido à presença de um gabinete acrílico que envolve sua estrutura, possui funcionamento silencioso e a presença de um sensor de falha de filamento, que permite pausar e reiniciar o processo de impressão ou interrompê-lo quando o filamento está no fim. Esse modelo pode realizar impressões com muitos detalhes, visto que os softwares permitem controlar o fluxo de saída de filamento, preenchimento, qualidade e outros parâmetros.
<i>Creality LD-006 (resina)</i>	
	Impressora lançada em 2021, possui uma tela monocromática 4K de 8,9 polegadas em que é possível visualizar as camadas de impressão. Possui área de impressão de 19,2 cm x 12 cm x 25 cm. É ótima para realizar impressões detalhadas, mas o processo de impressão é trabalhoso, pois envolve o uso de resina, a necessidade de lavar o tanque de impressão, filtrar a resina restante e armazená-la em um recipiente adequado. Além disso, é preciso lavar a peça e levá-la à cabine de cura.

Fonte: Elaborado pelas Autoras.

Sequencialmente, realizamos o estudo dos softwares de modelagem que permitem a criação precisa do modelo 3D. Diante da vasta quantidade de softwares disponíveis, foi realizada uma seleção levando em consideração critérios como capacidade e variedade de ferramentas disponíveis em cada opção. Esse processo permitiu construir uma variedade de especificações capaz de facilitar a escolha apropriada dos softwares para realizar modelagens no desenvolvimento de materiais futuros.

A relação dos softwares analisados e suas características está descrita no Quadro 2.

Quadro 2: Softwares analisados.

Softwares	Benefícios	Dificuldades
<i>Blender</i>	Software totalmente gratuito que possui diversas ferramentas de modelagem. Não depende de acesso à internet e possui interface atrativa. Além disso, oferece manuais de uso no próprio site. Por ser um dos mais utilizados para modelagem 3D, há facilidade em encontrar tutoriais e cursos gratuitos na internet.	Funções como a edição ou modelagens muito detalhadas podem causar lentidão. Não é compatível com todos os tipos de computadores e notebooks, pois processador, memória, placa de vídeo e armazenamento influenciam no desenvolvimento da modelagem.
<i>AutoCAD</i>	Possibilita salvar os projetos em nuvens, permitindo acessar o projeto por qualquer outro dispositivo. Com esse software também é possível realizar modelagens detalhadas.	É um software pago e destinado a projetos mais complexos, como os de engenharia e arquitetura. Desse modo, a construção de projetos simples pode ser laboriosa.
<i>ZBrush</i>	Possui diversas ferramentas, como a de esculpir e texturizar objetos tridimensionais. Cria modelos realistas e detalhados sem lentidão e objetos tridimensionais a partir de fotos.	Software pago com algumas ferramentas que não são intuitivas. Pode haver dificuldade em compreender a funcionalidade de ferramentas, pois algumas delas não têm explicação.
<i>Rhinoceros 3D</i>	Sua interface é bem atrativa e intuitiva, sendo possível criar projetos bem detalhados de maneira rápida e eficaz. Possui extensões para exportar, importar e modificar arquivos e ferramentas de reparo.	Software pago que possui ferramentas que podem causar lentidão na criação do projeto. Não é compatível com todos os sistemas operacionais de computadores e notebooks.
<i>ThinkerCad</i>	Software gratuito sem necessidade de instalação. Interface intuitiva e de fácil manipulação.	Sua utilização é totalmente dependente de acesso à internet. Não é indicado para modelagens complexas, pois suas ferramentas são limitadas.

Fonte: Elaborado pelas Autoras.

Para além da análise dos softwares de modelagem, é necessário realizar o estudo e a seleção de softwares de fatiamento. Sua compreensão é necessária porque os softwares convertem modelos 3D em instruções precisas para a impressora, determinando como cada objeto será construído camada por camada. Para essa seleção, realizamos uma análise de canais dedicados à impressão 3D disponíveis no YouTube, os quais servem como orientação, especialmente para iniciantes que não possuem familiarização com a impressão 3D. Nessa busca, identificamos softwares que se destacavam devido à grande quantidade de vídeos instrucionais, sua interface intuitiva e variedade de opções de configuração disponíveis, além do fato de serem totalmente gratuitos.

Dentre os softwares com mais destaque, selecionamos dois para as nossas configurações de fatiamento: *Ultimaker Cura*, que se mostrou compatível com a impressora de filamento *Creality Ender 6*; e o *Lychee Slicer*, escolha ideal para a impressora de resina *Creality LD 006*. Para a impressora *Cliever Black Edition*, o software utilizado foi o da própria impressora, pois como é um modelo antigo, ela reconhece somente os arquivos que são fatiados no seu próprio software.

Na próxima seção, exploramos as motivações que impulsionaram a criação do material, bem como a relação do processo de criação com a insubordinação criativa. Além disso, discutimos a fase de teste da primeira versão do material e as fragilidades encontradas,

destacando a necessidade de reformulação para garantir que ele se tornasse eficaz.

2. A Insubordinação Criativa e o Desenvolvimento do Material

No contexto das pesquisas em Educação Matemática no Brasil, o conceito de insubordinação criativa é relativamente recente. Lopes e D' Ambrosio (2015) introduziram estudos sobre, iniciando reflexões entre educadores matemáticos e visualizando a insubordinação na prática do pesquisador. Para elas, insubordinação criativa ou subversão responsável são sinônimos, compreendidos como “[...] uma ação de oposição e desafio à autoridade estabelecida, quando esta se contrapõe ao bem do outro, mesmo que de forma não intencional, por meio de determinações incoerentes, excludentes e/ou discriminatórias” (Lopes; D'Ambrosio, 2015, p. 2).

Barbosa e Lopes (2019) discutem a perspectiva de insubordinação criativa, destacando exemplos que incluem a busca constante por formações complementares e participação em grupos de estudo ou pesquisa para aprimorar a prática docente e melhorar o aprendizado dos estudantes.

Schön (2000) destaca que a reflexão durante a ação desempenha papel central na resolução de problemas, e sugere que o profissional adote uma visão crítica em relação à sua compreensão inicial do fenômeno. Dessa forma, o processo reflexivo pode se tornar o caminho da insubordinação criativa, considerando os desafios enfrentados pelos educadores matemáticos, as diretrizes estabelecidas, os contextos diversos em sala de aula, e outros.

Durante a fase de teste da primeira versão, fomos confrontados com um processo reflexivo que nos colocou frente a conflitos e que impulsionaram a tomadas de decisões que influenciaram a reestruturação do material, para que pudesse ser acessível e compreensível. Essa ação pode ser caracterizada como insubordinação criativa, porque reconhecemos que o material apresenta falhas que podem impactar sua usabilidade. No nosso caso, ao escutar um estudante e considerar suas sugestões, optamos por realizar ajustes e melhorias, desafiando as abordagens convencionais, que frequentemente ignoram a realidade do estudante. Assim, reforçamos a importância de uma abordagem inclusiva e colaborativa no processo educacional.

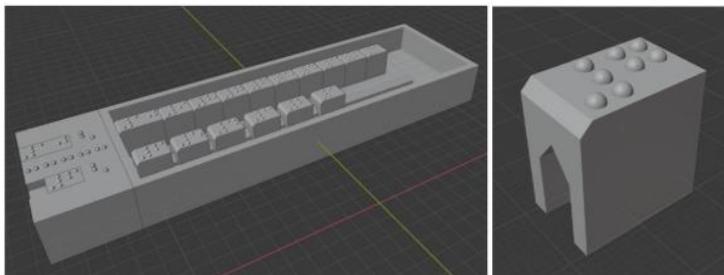
Portanto, consideramos que elaboração de um material didático adaptado às realidades dos estudantes, diante da escassez de recursos para abordar determinado conteúdo, pode ser considerada uma ação de insubordinação criativa. Essa abordagem reflete o compromisso em proporcionar uma educação inclusiva e adaptada à diversidade, que se evidencia pela iniciativa em ultrapassar limitações e desenvolver soluções adaptadas às necessidades específicas dos estudantes, contrariando, de certa forma, as normas ou padrões estabelecidos.

2.1. *DivFatorial*: Motivação e Desenvolvimento da Primeira Versão

Em 2022, quando a primeira autora deste artigo assumiu a pesquisa, teve início o estudo dos relatórios finais de pesquisas realizadas desde o ano de 2016, a fim de conhecer os materiais construídos e impressos desde então.

No relatório de Kmita (2020), encontramos o registro (Figura 1) da modelagem do material desenvolvido neste artigo, o *DivFatorial*.

Figura 1: Registro (print de tela) do DivFatorial

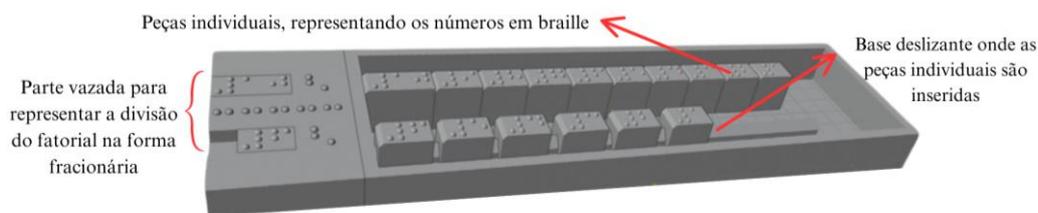


Fonte: Kmita (2020, p. 16).

Tal material começou a ser projetado em 2020, quando um professor do Instituto Federal do Paraná solicitou, aos pesquisadores ligados ao projeto do PIBITI, a criação de um material que facilitasse a compreensão da divisão de fatoriais pelo método da simplificação. Ele deveria ser criado para atender a estudantes cegos, uma vez que o professor lecionava em uma turma de Ensino Médio que possuía uma estudante cega.

O bolsista, com o uso do software Blender, desenvolveu o modelo tridimensional desse material, mas por conta da indisponibilidade da impressora naquele momento, com o passar do tempo, o arquivo foi perdido e a impressão não realizada. Ademais, no relatório não foi possível encontrar informações sobre as dimensões das partes componentes, filamento a ser utilizado, cores e tamanho do braille do respectivo material. Desse modo, com base no registro encontrado em seu relatório, compreendemos que o material era composto por: uma base, duas partes vazadas e duas partes em relevo (base deslizante), conforme especificado na Figura 2.

Figura 2: Esquema de funcionamento do material



Fonte: Adaptado de Kmita (2020).

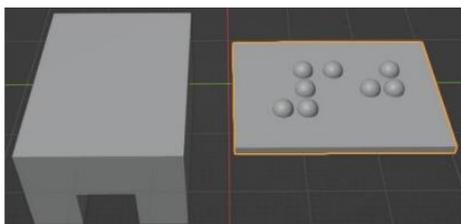
Visto que a finalidade do material é facilitar a compreensão do processo de divisão de fatoriais por meio do método da simplificação, no material, no lado esquerdo da base, é indicada a operação de divisão dos fatoriais por meio da representação fracionária. Ao lado direito, é registrada a expansão dos fatoriais presentes nessa divisão, permitindo identificar quais numeradores e denominadores possuem um fator de multiplicação em comum. Essa representação possibilita a simplificação da expressão, tornando o processo intuitivo para os estudantes.

Compreendendo o funcionamento do material, foi possível elaborar o esboço inicial, considerando as dimensões e características que são viáveis para a impressão. O primeiro passo consistiu em planejar as peças para representar os números, uma vez que o tamanho das peças e a quantidade de números influenciaria no tamanho da base. Considerando que

elas não poderiam ser excessivamente pequenas, mas também não deveriam ser de dimensões exageradas, foi decidido limitar a representação dos números de 1 a 9, uma vez que com eles é possível representar a operação de divisão da forma que o estudante compreenda o processo e utilize-o para divisões mais extensas.

Logo, decidimos que as peças que representam os números de 1 a 9 deveriam possuir dimensões de 2 centímetros de largura, 3 centímetros de comprimento e 1,5 centímetros de altura, para garantir fácil manuseio e reconhecimento tátil por parte dos estudantes com deficiência visual, sem comprometer a clareza das representações numéricas. Na parte superior dessas peças, foram representados os números em braile, que foram impressos em placas feitas na impressora de resina. Essa decisão ocorreu porque não havia material suficiente para a impressora de resina realizar a impressão completa, também porque a impressora *Cliever Black Edition*, a única disponível naquele momento, não apresentou eficácia na impressão de peças com braile. A Figura 3 demonstra o esquema de montagem das peças individuais.

Figura 3: Base e placa braile.



Fonte: Elaborado pelas Autoras.

Tendo as duas partes das peças impressas, fizemos a junção das peças, primeiramente lixando-as e depois unindo-as, utilizando cola instantânea. Entretanto, notamos que o material só poderia ser utilizado por um estudante alfabetizado em braile, visto que a escrita dos números era apenas em braile. Dessa forma, foram adicionados adesivos no canto inferior direito (Figura 4).

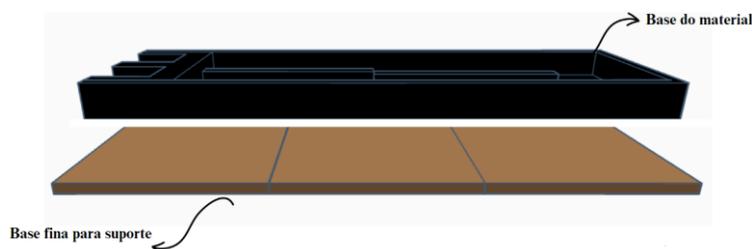
Figura 4: Peças unitárias.



Fonte: Elaborado pelas Autoras.

Já a base do material foi modelada de maneira similar à ideia proposta por Kmita (2020), levando em consideração o tamanho das peças individuais e precisando ser dividida em duas partes, devido ao seu tamanho exceder a capacidade da mesa de impressão. Em seguida, as partes da base foram unidas com cola instantânea e, para garantir uma estabilidade ainda maior, foram incluídas placas retangulares fabricadas a partir da própria impressão 3D, conforme ilustrado no esquema abaixo (Figura 5).

Figura 5: Esquema de união da base do material com o suporte



Fonte: Elaborado pelas Autoras.

Para concluir, foram adicionados os símbolos da divisão e do fatorial, utilizando as placas em braile e os adesivos. Desse modo, concluímos o material, disponibilizando-o para uso.

A Figura 6 mostra a representação de $\frac{6!}{3!}$. No lado esquerdo está a representação da divisão do fatorial na forma fracionária; e no lado direito, em cima das bases deslizantes, está a expansão desse fatorial. Desse modo, o estudante pode verificar os termos comuns, tanto no numerador quanto no denominador, e realizar a simplificação, resultando que $\frac{6!}{3!} = 6 \times 5 \times 4$.

Figura 6: Representação da divisão de fatoriais.



Fonte: Elaborado pelas Autoras.

2.2. Análise e Testagem da Primeira Versão

Após o desenvolvimento da primeira versão do material, conduzimos uma análise pós-produção com o intuito de identificar áreas de possível aprimoramento. Durante essa avaliação, destacamos que a junção das duas partes que compõem a base apresentou uma pequena descontinuidade, afetando o deslizamento das peças. Também observamos que o acabamento das últimas camadas não ficou bom, pois podíamos identificar o preenchimento interno, além de que o sistema braile ficou ligeiramente maior do que o tamanho padrão.

Objetivando amenizar os resultados negativos, alguns acabamentos foram realizados para assegurar sua melhor usabilidade e garantir que não causasse desconforto ou machucasse as pessoas ao utilizá-lo, como por exemplo, o lixamento das peças.

Dessa forma, reconhecemos que a versão inicial do trabalho apresentou imprecisões que tornaram o material limitado, permitindo que se identificasse a necessidade de reformulá-lo, tornando-o mais intuitivo, inclusivo e eficiente.

Em junho de 2023, durante *75ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC)*, as autoras apresentaram a pesquisa e os respectivos materiais desenvolvidos com impressoras 3D em um *stand* destinado a projetos e pesquisas desenvolvidos pela universidade, interagindo com uma graduada cega, Bacharela em Direito.

Esse momento foi uma importante oportunidade para realizar o teste do material, visto que ela já havia passado pela Educação Básica. Inicialmente, devido à sua formação não ser na área da Matemática, foi realizado um breve esclarecimento sobre o conceito de fatorial de um número. Posteriormente, com base em um exemplo prático de divisão, foi exemplificado como o material pode ser utilizado.

Figura 7: Testagem do material.



Fonte: Elaborado pelas Autoras.

Após a testagem, a graduada fez uma série de sugestões e observações para o aprimoramento do material, acompanhadas de justificativas sobre o porquê de ser essencial realizar as modificações (Quadro 3).

Quadro 3: Melhorias e justificativas pós-testagem

Sugestão de melhoria	Justificativa
Adicionar alguma orientação do sentido de leitura das peças que representam os números em braille.	As três dimensões das peças que representam os números de 1 a 9 possuem diferenças muito pequenas. Ao pegar as peças para identificar quais números elas representam, há certa demora em identificar. Ao adicionar uma identificação, a leitura se torna mais rápida e intuitiva.
Aumentar o peso das peças individuais ou mudar o modo do encaixe na base deslizante.	As peças soltavam facilmente da base e atrapalhavam o raciocínio. Aumentar o peso (preenchimento) ou mudar o formato do encaixe pode beneficiar sua funcionalidade.
Elevar a parte que representa a divisão de fatorial na forma fracionária.	As duas peças que foram coladas para compor a base possuíam uma diferença mínima, o que faz com que as peças acabem emperrando. Lixando mais um pouco as peças, elas poderão deslizar de maneira suave.

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Além das sugestões, questionamos a respeito de dúvidas sobre algumas partes do material (Quadro 4).

Após as sugestões recebidas, valorizamos o *feedback*, reconhecemos sua relevância para o bom uso do material e concluímos que, ao desenvolver um material destinado a pessoas cegas, é imprescindível que seja testado com o público a que se destina. Logo, tornou-se necessário que o material passasse por reformulação.

Quadro 4: Questionamentos sobre o material

Questionamentos	Resposta dada pela estudante
O código braile que representa os números ficou um pouco maior que a recomendação das normas do Governo Federal. Há algum problema?	Embora tenha saído um pouco maior, ele está nítido. Como representa apenas um número, não tem problema, mas se representasse um texto, poderia tornar a leitura confusa.
A base e as peças estão em um tamanho bom? Pode ser aumentado o tamanho das peças e da base?	Pode aumentar, desde que o material não fique muito grande e comprometa o manuseio e a leitura tátil.
Os adesivos utilizados na peça interferem na leitura do Braile?	Como o braile está elevado e o adesivo é pequeno e fica no canto da peça, não há interferência na leitura.

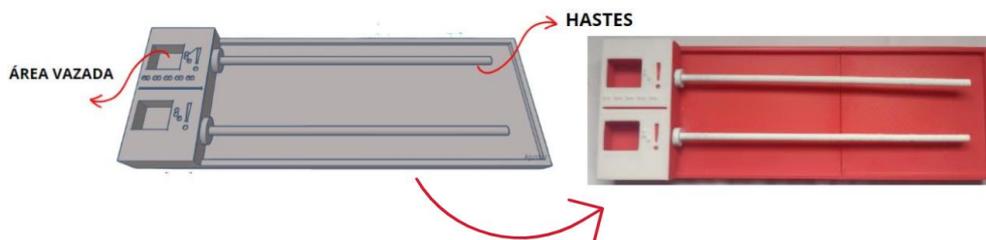
Fonte: Dados da pesquisa (2023).

3. Criação de uma Nova Versão: a Relevância da Análise por uma Pessoa Cega

A criação da primeira versão de um material é uma tarefa repleta de desafios, pois existe a possibilidade de que o material não atenda adequadamente aos objetivos estabelecidos, enfrentando incertezas quanto à sua utilidade. No entanto, a partir dessa primeira versão é possível iniciar um processo de reflexão e aprimoramento, aperfeiçoando o material conforme os aspectos negativos pontuados nas análises e testes do material.

Enquanto discutíamos sobre a reestruturação do material, uma descrição do processo de criação da primeira versão foi submetida e aprovada⁵ para ser apresentada como relato de experiência em um evento científico sobre Tecnologias na Educação Matemática. Enquanto a data do evento não chegava, optamos por reformular e imprimir a base do material, que teve hastes para inserir as peças individuais e uma área vazada para encaixar as peças que representariam a divisão do fatorial. Quanto às peças individuais, decidimos aguardar opiniões e dicas que poderiam ser oferecidas durante a apresentação no referido evento.

Figura 8: Base do material reformulada (rascunho e versão impressa)



Fonte: Elaborado pelas Autoras.

Durante a apresentação do relato, recebemos contribuições de pesquisadores que têm utilizado a impressão 3D como recurso para a criação e adaptação de materiais, as quais abordaram características como formato, tamanho e cor do material.

Dentre as diversas sugestões recebidas, algumas foram referentes à base do material, com destaque ao esquema de hastes como ponto positivo. Entretanto, foi recomendado, por

⁵ Relato disponível em: <https://sbemparana.com.br/iiieptem/anais/1576-7532-1-PB.pdf>

exemplo, que tanto a base quanto as peças que compõem o material tivessem cantos arredondados, porque o canto pode ficar pontiagudo e causar desconforto, ou até mesmo corte ao ser manipulado. Como sugestão, o acabamento poderia ser realizado com lixa d'água, pois a sua utilização em combinação com o uso de água proporciona acabamento mais suave e uniforme, resultando em superfícies mais polidas. Isso evita vestígios de partes pontiagudas ou ásperas que tenham aparecido durante a impressão, ou até mesmo durante o uso da lixa comum.

Quanto às cores utilizadas no material, e especificamente sobre o contraste entre elas, foi indicado que é possível compará-las utilizando as cores de filamento disponíveis. Dentre os diversos sites e aplicativos, destaca-se o site *The Color Palette Studio*, em que há a disponibilidade da ferramenta *Free Color Contrast Checker*, que permite a comparação do contraste entre duas cores.

Em relação à representação do número indo-arábico em braile nas peças individuais, a divergência em tamanho não apresentou muitos problemas, pois a variação estava próxima dos parâmetros estabelecidos pelas Normas técnicas para a produção de textos em braile, elaboradas pela Comissão Brasileira do Braile (CBB). O adesivo, embora não tenha afetado a leitura do braile devido ao seu tamanho maior, poderia representar um obstáculo, caso o braile estivesse em conformidade com as normas estabelecidas pela CBB. Nesse contexto, a sugestão foi posicionar o adesivo acima do braile, eliminando qualquer impedimento que pudesse comprometer a leitura tátil.

No que diz respeito ao identificador tátil para leitura, recomendou-se a utilização de um chanfro de 45° posicionado na parte superior direita das peças. Esse chanfro específico é comumente utilizado como identificador tátil padrão para orientar a leitura tátil, proporcionando uma superfície inclinada, que pode ser identificada pelos usuários ao passarem as mãos sobre o material.

Após refletir sobre essas sugestões, identificamos que elas implicariam mudanças significativas, especialmente no formato das peças. Diante disso, concluímos que a base proposta na segunda versão do material poderia não atender às necessidades propostas de forma eficaz. Assim, levando em consideração todas as sugestões recebidas, optamos por desenvolver uma segunda versão completa do material.

3.1. Do processo Reflexivo à Criação da Nova Versão

Após a colaboração dos pesquisadores e o processo de reflexão das autoras, a reestruturação do material foi iniciada a partir das peças individuais, as quais foram redesenhadas com formato diferente do original, apresentando cantos arredondados e largura maior, com as dimensões 3,5 cm x 2,5 cm x 1,5 cm, realizadas a fim de permitir os números indo-arábicos acima do braile (Figura 9), sem comprometer a leitura tátil.

Figura 9: Esquema de reformulação das bases.



Já a base teve o arredondamento dos cantos e uma área vazada para acomodar as peças individuais. As hastes, onde são inseridas as peças, tiveram seu formato alterado, pois ao invés de serem arredondadas, passaram a ser retas, objetivando garantir mais estabilidade às peças, deixando-as alinhadas.

Após o rascunho, procedemos à modelagem das peças, com o software Blender. Sequencialmente, partimos para a etapa de fatiamento, supondo que as cores dessas peças eram contrastantes, visto que a intenção era que o material fosse utilizado por estudantes com baixa visão e videntes. Nesse sentido, pensando em estudantes com baixa visão, o material deveria possuir contraste adequado entre as partes componentes. Na NBR9050 (ABNT, 2015), o contraste visual tem como função destacar elementos entre si por meio das composições claro-escuro ou escuro-claro para chamar a atenção do observador. Desse modo, o contraste entre a base e a haste, e a base da peça individual e a placa deveriam ser específicos, para possibilitar sua identificação.

Para que fosse possível obter um bom contraste, pesquisamos o mínimo entre duas cores, pois precisávamos estabelecer contraste entre base e fonte (área vazada). Entretanto, não encontramos nenhum documento ou manual de acessibilidade nacional que nos orientasse quanto a isso. Apesar disso, ressaltamos que existem diretrizes e padrões internacionais recomendados para assegurar contraste adequado. As Diretrizes de Acessibilidade para o conteúdo da web, por exemplo, fazem parte de uma série de recomendações para a acessibilidade publicadas *pela Web Accessibility Initiative do World Wide Web Consortium (W3C)*, cujo objetivo é desenvolver padrões e diretrizes para auxiliar na construção de uma web fundamentada nos princípios de acessibilidade, internacionalização, privacidade e segurança.

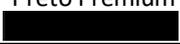
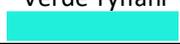
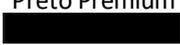
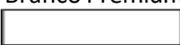
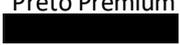
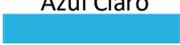
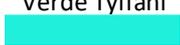
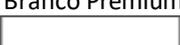
Nesse sentido, em sua última versão publicada em dezembro de 2014, é recomendada uma razão de contraste de pelo menos 4,5:1 para a apresentação visual de texto e imagens de texto. Já para textos grandes e cabeçalhos, a recomendação é uma razão de contraste de pelo menos 3:1. Portanto, quanto maior o contraste entre as cores, mais fácil de distinguir e perceber os componentes que constituem o material.

Diante disso, escolhemos as cores de filamentos disponíveis para identificar proporcionalmente os contrastes mais eficazes. Em seguida, recorremos à busca, no site do fabricante dos filamentos, do nome da cor e de uma imagem que representasse, de maneira fiel, a tonalidade do filamento em questão, já que as fotos de celular e em um ambiente não muito iluminado poderiam não corresponder ao filamento real.

Em seguida, utilizando o Canva, plataforma de design gráfico, a imagem foi importada e automaticamente foi fornecido o código de cor hexadecimal correspondente. Esse código representa as cores por meio de uma combinação de seis caracteres alfanuméricos, em que cada par de caracteres indica a intensidade de vermelho (RR), verde (GG) e azul (BB), respectivamente.

Em seguida, utilizando o site *Free Color Contrast*, utilizamos o código hexadecimal de duas cores para obter a razão de contraste, que é uma medida que indica a diferença na intensidade luminosa entre essas duas cores. Essa medida é expressa numericamente e ajuda a avaliar a legibilidade e a visibilidade de elementos, como textos em um fundo colorido. Logo, quanto maior o número, maior será o contraste entre as cores. O Quadro 5 contém algumas comparações entre cores de filamento, sendo as que resultaram a melhor razão de contraste.

Quadro 5 – Razão de contraste entre as cores

Cor 1	Cor 2	Razão de contraste
Preto Premium 	Verde Tyffani 	14,44:1
Preto Premium 	Branco Premium 	21:1
Preto Premium 	Azul Claro 	8,36:1
Verde Tyffani 	Púrpura Premium 	5,35:1
Branco Premium 	Púrpura Premium 	7,79:1

Fonte: Elaborado pelas Autoras.

Tendo como base as análises dos contrastes, realizamos as escolhas das cores que comporiam as peças do material. Constatamos que o melhor era o uso do preto e branco. No entanto, devido à limitação na quantidade de filamento branco disponível, decidimos fazer as peças individuais utilizando filamento verde Tiffany, combinado com a placa em braille na cor preta, que proporcionou o segundo melhor contraste (14,44:1).

Para a base do material, foi utilizado o filamento na cor púrpura, porque possibilitou um bom contraste com o filamento branco (7,79:1), que foi utilizado para criar as hastes e a placa sobreposta, representando a divisão do material, localizadas na parte esquerda do projeto. Embora a combinação de filamento preto com filamento azul claro tenha gerado bom contraste, sua utilização não seria viável, porque um fundo preto, junto com a placa em braille da mesma cor resulta em contraste inadequado, dificultando e causando confusão na leitura e distinção das peças.

Sequencialmente, na etapa de ajustes de fatiamento e impressão das partes componentes, foi configurada a base da peça, que precisou ser dividida em duas partes, visto que sua dimensão era maior que a da mesa de impressão da impressora modelo *Creality Ender 6*. Quanto aos ajustes de fatiamento, não tivemos muitas mudanças, apenas optamos por deixar o preenchimento da base em 20%, visto que a base não precisaria ser muito resistente.

Após o término da impressão das peças que compõem a base, trocamos a cor de filamento para branco e prosseguimos para as hastes do material, que deveriam ter bom preenchimento para que não ficassem flexíveis ou tortas. Logo, por se tratar de uma peça pequena, configuramos o preenchimento em 100% e realizamos a sua impressão. Desse modo, obtivemos a base do *DivFatorial* (Figura 10).

Figura 10: Base do material (última versão).



Fonte: Elaborado pelas Autoras.

Sequencialmente, seguimos para a impressão das 27 bases das peças individuais. Primeiramente, realizamos a impressão das placas em braille utilizando a resina transparente, realizamos a lavagem e a cura da peça, e por último, realizamos a pintura das placas com tinta acrílica spray na cor preto fosco, visto que essa tinta, por ser acrílica, resultou em melhor aderência ao material, com secagem rápida.

Enquanto a peça secava, realizamos a impressão das bases das peças individuais utilizando a cor verde. Por último, foi necessário unir a base e as peças, e para trazer detalhes às peças, destacamos o braille utilizando tinta branca, obtendo as peças unitárias que compõem o material (Figura 11).

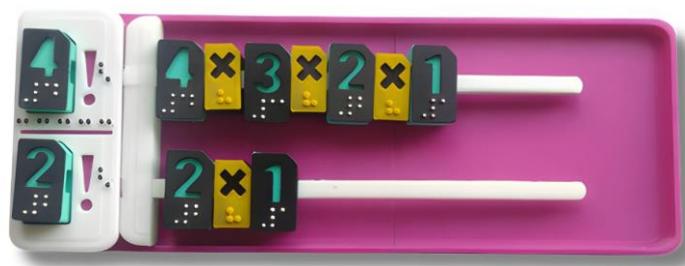
Figura 11 - Peças unitárias (última versão)



Fonte: Elaborado pelas Autoras.

Inicialmente, não consideramos a necessidade de construir peças que representassem o sinal da multiplicação. Contudo, para quem não está familiarizado com o conceito de fatorial, a utilização de símbolos ou peças específicas poderia facilitar a compreensão do processo multiplicativo envolvido. Então, para deixá-lo mais intuitivo, durante a banca de TCC, foi sugerida a construção de peças para representar a multiplicação. Destarte, obtivemos a versão mais recente do material (Figura 12).

Figura 12: Versão final do DivFatorial.



Fonte: Elaborado pelas Autoras.

4. Considerações e Gastos na Última Versão

O material na versão mais recente apresentou melhorias, quando comparado às versões anteriores. Identificamos aspectos que necessitavam de aprimoramento, o que nos faz enfatizar a importância de submeter o material a testes e avaliações envolvendo diversos estudantes com deficiência visual, além de profissionais e pessoas que possuem experiência com esse público. Esse processo permite avaliação abrangente das sugestões de melhoria, possibilitando a implementação dessas sugestões nas versões posteriores do material. Tais melhorias não apenas contribuem para uma experiência mais eficiente na utilização do material, mas também pode evidenciar o compromisso com a qualidade e a usabilidade ao longo do seu desenvolvimento.

Para calcular o custo final do material, consideramos elementos como consumo de filamento e resina, lixas, tintas, cola instantânea, energia elétrica, entre outros. Para a estimativa do gasto com filamento, supomos que o custo de 1 kg seja de R\$ 85,00. Quanto à resina, assumimos que uma embalagem contendo 500 gramas custa R\$ 110,00. Os detalhes sobre a quantidade utilizada em cada etapa de impressão, bem como o tempo necessário, são fornecidos pelo próprio software de fatiamento.

Quadro 6: Estimativa de gastos com filamento e resina

Impressora de filamento <i>Creality Ender 6</i>			
Partes Componentes	Quantidade de filamento gasto (em gramas)	Estimativa de filamento gasto (R\$)	Gasto total com filamento (R\$)
Hastes	~25g	~2,12	~32,62
Base (parte I)	~95g	~8,05	
Base (parte II)	~55g	~4,60	
Placa braile	~15g	~1,25	
30 bases das peças unitárias	~190g	~16,15	
Impressora de resina <i>Creality LD 006</i>			
Partes Componentes	Quantidade de resina gasta (em gramas)	Estimativa de resina gasta (R\$)	Gasto total com resinas
30 placas braile	~18g	~3,96	~3,96

Fonte: Elaborado pelas Autoras.

Para calcular o consumo de energia, levamos em consideração o tempo de impressão, que é fornecido pelo software, juntamente com a potência da impressora e a tarifa de energia elétrica. Tendo como base a potência das impressoras de filamento e resina que são, respectivamente, 360W e 72W, e o tempo de utilização, foi possível encontrar o consumo em quilowatts-hora (KWh), utilizando a fórmula abaixo:

$$\text{Consumo (KWh)} = \frac{\text{Potência da impressora (em Whatss)} \times \text{Tempo de utilização (em h)}}{1000}$$

Após obter o consumo em KWh, multiplicamos esse valor pela tarifa de energia, que no Paraná, no final de 2023, estava em aproximadamente R\$ 0,60.

Quadro 7 contém a relação do tempo de impressão de cada uma das partes componentes, bem como a estimativa de gasto de energia.

Quadro 7: Estimativas de gastos com energia

Impressora de filamento <i>Creality Ender 6</i>			
Partes Componentes	Tempo de impressão	Tempo total de impressão das peças de filamento	Gasto total de energia (em reais)
Hastes	~1h45min	~24h	~5,20
Base (parte I)	~5h10min		
Base (parte II)	~3h30min		
Placa braile	~1h		
30 bases das peças unitárias	~13h		
Impressora de resina <i>Creality LD 006</i>			
Partes Componentes	Tempo de impressão	Gasto total de energia (em reais)	
30 placas braile	~50min	~0,05	

Fonte: Elaborado pelas Autoras.

Ao calcular os custos envolvidos em filamentos e energia, obtivemos que o custo total do material foi aproximadamente R\$48,86. Entretanto, essa estimativa não incluiu outras despesas, como lixas, água, etanol, verniz, tinta spray, cola instantânea e outros materiais utilizados, visto que, em muitos casos, não foi possível estipular a quantidade gasta de material. Porém, estimamos que não foi gasto mais que R\$10,00 nessas despesas; logo, o material passa a ter um valor aproximado de custo de R\$58,86, o que não é um valor excessivo, se considerarmos sua durabilidade.

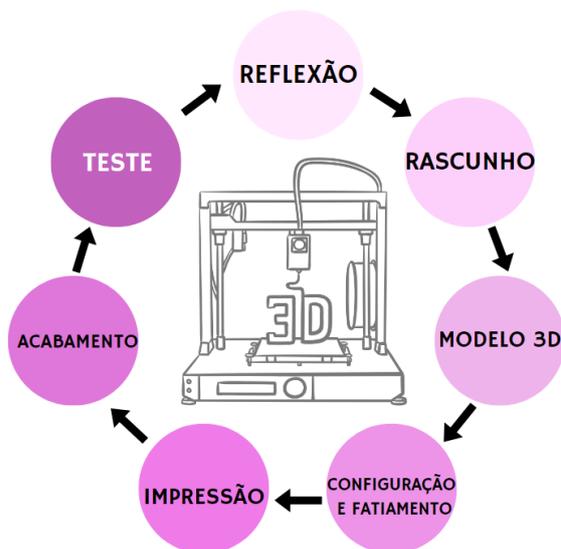
5. Considerações Finais

A necessidade de criar materiais adaptados para estudantes com deficiência visual, visando a explorar conceitos por meio da significação tátil, encontrou, na impressão 3D, uma possibilidade para atender a uma necessidade efetiva, permitindo o desenvolvimento de abordagens educativas acessíveis. Desse modo, o material didático desenvolvido para o ensino de divisões de fatoriais é um recurso que pode facilitar a compreensão de um conteúdo matemático, proporcionando uma experiência de aprendizado inclusiva e interativa para todos os estudantes.

Embora a tecnologia de impressão 3D permita criar artefatos que atendam às necessidades, destacamos que o princípio colaborativo é o que permite que a impressão 3D gere inovações, criando materiais adaptados para um determinado público. Entretanto, salientamos que todo o processo de criação e impressão 3D demanda tempo e cuidado. Para além da disponibilidade da impressora e dos materiais adequados, é necessário conhecimento sobre essa tecnologia, incluindo a familiaridade com os diversos softwares essenciais para o processo de impressão. Além disso, é importante reconhecer que o processo de impressão 3D nem sempre ocorre como esperado, pois embora se tomem todos os cuidados, mesmo com configurações corretas, há possibilidade de falhas e necessidade de reimpressão de peças, em alguns casos, mais que uma vez.

Com este trabalho, identificamos que o desenvolvimento de um material didático utilizando a impressora 3D, seja para qualquer público, deve seguir um ciclo iterativo, conforme a Figura 13.

Figura 13: Ciclo de desenvolvimento de materiais na impressora 3D.



Fonte: Elaborado pelas Autoras.

Esse ciclo orienta especialmente aqueles que não possuem familiaridade com a impressão 3D na elaboração de materiais. Desse modo, inicialmente, é necessário refletir sobre o material. Nessa fase, conversamos com quem o solicitou, pensamos em qual será o público-alvo, quais são as suas especificidades, qual é o conteúdo e o objetivo do material, como ele será composto e utilizado, e quais serão seus limites e possibilidades. Em seguida, é necessário rascunhar o material, seja o todo ou suas partes individuais, seu tamanho, etc. Isso poderá ser feito em softwares ou à mão. Com o rascunho pronto, é necessário escolher a impressora e realizar a modelagem do material, de acordo com as especificações da impressora, para obter o protótipo do material.

Em seguida, são escolhidos as cores e tipos de filamentos, seguido das configurações de fatiamento, que incluem a definição das alturas de camadas, preenchimentos, temperaturas, velocidades, pausas para troca de filamentos, etc.

Com o arquivo configurado, inicia a etapa de impressão, em que os componentes do material são impressos. Sequencialmente, o material passa para a etapa de acabamento, em que as peças são unidas, lixadas e envernizadas. Após essa etapa, o material segue para testes, quando se obtêm sugestões para aprimorá-lo.

Neste trabalho, embora tenhamos tido dificuldades em encontrar estudantes para realizar a testagem da segunda versão material, é crucial que essa etapa seja realizada, pois a diversidade de experiências proporciona uma variedade maior de sugestões, enriquecendo o processo de aprimoramento contínuo do material.

Destacamos, também, o quão importante é o trabalho colaborativo, pois as contribuições recebidas durante a etapa de teste e apresentação no evento científico foram de extrema relevância, resultando em uma versão melhorada do material, que pode ser utilizado não apenas por estudantes cegos, mas também por aqueles com baixa visão e videntes. Ressaltamos que, ao considerar a solicitação inicial para um estudante cego, foi desafiador pensar em um material acessível a todos os estudantes em sala de aula, possibilitando que todos possam utilizá-lo para aprender divisão de fatoriais.

Por fim, ressaltamos o potencial de disseminação do uso de tecnologias como a impressão 3D no campo da educação inclusiva. A criação de materiais adaptados não só atende às necessidades dos estudantes, mas também pode incentivar parcerias entre educadores, pesquisadores e profissionais de diferentes áreas. Essa troca de conhecimentos pode ampliar o repertório de recursos didáticos desenvolvidos com impressão 3D, beneficiando assim, um público maior. Portanto, é fundamental investir em políticas públicas que promovam a formação no uso dessas tecnologias, garantindo que mais profissionais tenham acesso às ferramentas e ao conhecimento necessário para desenvolver os materiais, contribuindo para a inclusão dos estudantes no ambiente escolar.

Agradecimentos

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de Iniciação Científica à estudante Taimara Mikieta de Paula, e ao PRPGEM e à Capes/PROAP pelo apoio recebido.

Referências

- AGUIAR, L. C. D. **Um processo para utilizar a tecnologia de impressão 3D na construção de instrumentos didáticos para o ensino de ciências**. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) - Universidade Estadual Júlio Mesquita Filho. São Paulo, p. 226. 2016. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/2b62be68-e0b4-47c2-9674-8ce3fdedc564>. Acesso em: 08 maio 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 9050:2015**: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <https://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/pfdc/temas/inclusao-de-pessoas-com-deficiencia/legislacao/abnt-nbr-9-050-2015>. Acesso em: 29 jun. 2024.
- BARBOSA, J. G; LOPES, C. E. Diálogos de Beatriz Silva D'Ambrosio com a insubordinação criativa. **Revista Internacional de Pesquisa em Educação Matemática**, v. 9, n. 3, p. 10-24, 2019. Disponível em: <http://funes.uniandes.edu.co/27466/>. Acesso em: 08 out. 2023.
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.
- FERNANDES, S. H. A. A; HEALY, L. A inclusão de alunos cegos nas aulas de matemática: explorando área, perímetro e volume através do tato. **Boletim de Educação Matemática**, v. 23, n. 37, p. 1111-1135, 2010. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/2912/291221915012.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2023.
- KMITA, D. **Relatório Final de Atividades PIC/PIBITI 2019-2020**. 2020. Disponível em: https://prppg.unespar.edu.br/geptemate/relatorio-de-pesquisa-de-pibic-pibiti/relatorios-de-iniciacao-em-desenvolvimento-tecnologico-e-inovacao-1/daniel_relatoriofinal-2-1.pdf. Acesso em: 03 nov. 2022.
- KNILL, O; SLAVKOVSKY, E. Illustrating mathematics using 3D printers. **arXiv preprint arXiv:1306.5599**, 2013. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1306.5599> Acesso em: 15 jul. 2023.
- KOEPSEL, A. P. P. Materiais Didáticos no ensino de Matemática para estudantes com deficiência visual. **Encontro Brasileiro de Estudantes de Pós-Graduação em Educação**

Matemática, v. 20, 2016. Disponível em: http://www.ebrapem2016.ufpr.br/wp-content/uploads/2016/04/gd13_ana_koepsel.pdf. Acesso em: 15 abr. 2023.

LOPES, C. E.; D'AMBROSIO, B. S. Insubordinação criativa de educadoras matemáticas evidenciadas em suas narrativas. In: **Conferência Interamericana De Educação Matemática**. Tuxtla Gutiérrez, 2015. Disponível em: <https://bit.ly/46FbDSr>. Acesso em: 02 out. 2023.

NERY, E. C. S.; SÁ, A. V. M de. A deficiência visual em foco: estratégias lúdicas na Educação Matemática Inclusiva. **Revista Educação Especial**, v. 32, p. 1-26, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1984686X35402>. Acesso em 12 nov. 2023.

PAULA, T. M; BASNIAK, M. I. **A Tecnologia de Impressão 3D no processo de construção de um material didático inclusivo**. In: Encontro Paranaense de Tecnologia na Educação Matemática, 2023. Disponível em: <https://sbemparana.com.br/iiiieptem/anais/1576-7532-1-PB.pdf>. Acesso em 29 jun. 2024.

SCHÖN, D. A. **Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem**. Penso Editora, 2009.

VOLPATO, N. **Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D**. Editora Blucher, 2021.

WORLD WIDE WEB CONSORTIUM – W3C. **Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0**, 2014. Disponível: <https://www.w3.org/Translations/WCAG20-pt-br/WCAG20-pt-br-20141024/>. Acesso em: 29 jun. 2024.