



SEÇÃO ARTIGOS LIVRES

Uma contribuição à produção de textos em braille utilizando impressoras 3D

A contribution to braille text production using 3d printing

Welber Duarte dos Santos¹
Naiara Miranda Rust²

RESUMO

O uso com qualidade do Sistema Braille para os indivíduos cegos é elementar ao acesso, permanência e independência nas diversas atividades cotidianas. A introdução desse sistema às pessoas com deficiência visual se dá na escola, diferente do que acontece com pessoas videntes, que experimentam a língua escrita desde cedo, em diferentes espaços de convívio. Assim, aquelas têm sua experiência privada ou reduzida, se comparada aos indivíduos que enxergam. Nesse sentido, propõe-se no presente trabalho uma forma de colaborar com o acesso a textos em braille utilizando impressão 3D, em um formato próximo ao padrão normativo brasileiro para textos do tipo. O trabalho, que faz parte de uma pesquisa de mestrado, buscou levantar melhores práticas para impressão 3D em sítios *web* e com profissionais da área, partindo para a produção, inicialmente em modelo digital, em *softwares* de modelagem 3D, de etiquetas em braille. Após essa etapa, foram utilizados filamentos do tipo ABS e PLA e uma impressora GTMax 3D A1V2 para efetivação dos modelos elaborados. Os resultados indicam que há possibilidade de aproximação do texto braille padronizado utilizando impressão 3D garantindo qualidade e fluidez na leitura. Conclui-se que, embora haja abertura e diferentes possibilidades, a impressão 3D depende de um contexto com bastante variação, considerando questões como o clima, até o equipamento e insumos utilizados, sendo necessário, portanto, exploração da referida atividade em diferentes realidades para o seu efetivo emprego. Para pesquisas futuras sugere-se a construção/aperfeiçoamento de um sistema que gere automaticamente etiquetas com textos braille seguindo o padrão do Ministério da Educação.

Palavras-chave: Sistema Braille. Impressão 3D. Deficiência Visual. Tecnologia Assistiva.

ABSTRACT

The quality use of the Braille system for individuals who are blind is fundamental to their access, participation, and independence in various daily activities. The introduction to the use of Braille for visually impaired individuals begins in school, unlike sighted individuals who experience written language from an early age in different social settings. Consequently, the first ones' experience is often private or limited compared to individuals with sight. In this regard, this present work proposes a way to contribute to access to Braille texts by utilizing 3D printing technology to produce labels in a format closely resembling the Brazilian normative standards for such texts. This work is part of a master's research project that sought to identify best practices for 3D printing through web resources and consultation with

1 Instituto Benjamin Constant – Rio de Janeiro
Mestre em Ensino na Temática da Deficiência Visual pelo Instituto Benjamin Constant (IBC)
E-mail: welber.santos@ibc.gov.br

2 Instituto Benjamin Constant – Rio de Janeiro
Doutora em Ciências – Microbiologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
E-mail: naiararust@ibc.gov.br



professionals in the field. Initially, digital models of Braille labels were created using 3D modeling software, followed by the production process using ABS and PLA filaments with a GTMax 3D A1V2 printer. The results indicate that it is possible to approximate standardized Braille text using 3D printing, ensuring quality and readability. However, it is important to note that 3D printing is subject to various contextual factors, including climate and the equipment and materials used, which may affect the outcome. Therefore, further exploration of this activity in different contexts is necessary for effective implementation. For future research, it is recommended to develop/improve a system that can automatically generate Braille text labels following the standards set by the Ministry of Education.

Key-words: Braille System. 3D Printing. Visual Impairment. Assistive Technology.

Introdução

O Sistema Braille é um importante mecanismo de comunicação para pessoas cegas, inserindo-se como elemento crucial na alfabetização desse público. Por meio do braille, a pessoa cega discrimina os padrões falados e escritos, resultando em uma leitura significativa, garantindo a apropriação do conhecimento, elaboração do pensamento, controle das ações e o desenvolvimento intelectual do indivíduo (Dutton, 2021).

Embora a relevância do braille seja conhecida, as crianças cegas nem sempre experimentam a leitura como uma pessoa vidente. De acordo com Dutton (2021), as primeiras experiências e também a continuidade dessa experimentação são geralmente na escola, sendo esse aluno privado de um conhecimento de mundo mais amplo. Essa privação é resultado de uma organização psicofisiológica “normal”, que pensa os elementos culturais para uma pessoa que possui e utiliza determinadas funções cerebrais com as mãos, ouvidos e olhos, e não uma pessoa com deficiência, que lança mão de outros mecanismos (Vigotski, 2011).

Além disso, há o fato de que a leitura pelo tato acontece de maneira mais lenta, modificando o tempo empregado para alfabetização das pessoas cegas. O indivíduo precisa aprender primeiro a se orientar no papel para depois perceber como se organiza e ler o texto em braille, enquanto a pessoa vidente desenvolve essas habilidades mais rapidamente utilizando a visão (Dutton, 2021). Apesar das dificuldades apresentadas, o braille é um meio de garantir o acesso a símbolos culturais e ao conhecimento humano pela pessoa cega (Vigotski, 2011). Não há meios de se aprender a escrita pela visão para essas pessoas, então utiliza-se esse sistema com uma combinação de diferentes símbolos para formação do alfabeto. Assim, a leitura pelo tato é um desses caminhos psicofisiológicos alternativos ao desenvolvimento cultural das pessoas cegas (Vigotski, 2011).

A Lei Brasileira de Inclusão (Lei nº 13.146, de 2015), também conhecida como Estatuto da Pessoa com Deficiência, define o Sistema Braille como um meio de comunicação utilizado pelas pessoas cegas e que deve ser oferecido pelos Sistemas de Ensino com vistas a garantir a amplitude formativa dos estudantes, de modo autônomo e participativo. Além disso, a



legislação incentiva a capacitação de profissionais especializados em braille, bem como mecanismos de incentivo à produção, educação, difusão, distribuição e comercialização de textos acessíveis às pessoas com deficiência, enquadrando as pessoas cegas, de maneira a garantir o acesso à leitura, informação e comunicação (Brasil, 2015).

O Sistema Braille também deve ser empregado, dentre outros materiais, nos recursos táteis que são desenvolvidos com a finalidade pedagógica. Assim, a pessoa cega obtém informações por meio das texturas, das formas e da leitura, que serão essenciais para a construção de seu conhecimento, e, portanto, proporcionarão igualdade de condição em comparação às pessoas videntes no processo de aprendizagem.

Nesse contexto, o artigo aqui apresentado é um recorte de uma dissertação de Mestrado Profissional em Ensino na Temática da Deficiência Visual (MPEDV) do Instituto Benjamin Constant (IBC), que buscou desenvolver um produto educacional (PE) que proporcionasse ao aluno cego, do Ensino Fundamental I, acesso ao conteúdo de forma lúdica, interativa e multissensorial, agregando tecnologia por meio de elementos eletrônicos, computacionais e impressão 3D. Segundo Brasil (2019), PE é o resultado de uma pesquisa visando solucionar/responder uma pergunta, problema ou necessidade profissional.

O primeiro problema da pesquisa foi a falta de parâmetros que indicassem um caminho a ser seguido para a impressão de textos em braille utilizando impressoras 3D. Assim, o presente artigo tem como objetivo demonstrar os caminhos percorridos para obtenção de textos no Sistema Braille utilizando impressora 3D, de forma a respeitar o padrão normativo estabelecido pelo Ministério da Educação (MEC) e que fosse aprovado por revisores cegos do IBC. O intuito das configurações aqui apresentadas é colaborar com a impressão de textos do tipo com qualidade e fidelidade ao disposto nos dispositivos legais.

1.1 Delineamento da pesquisa

Durante a elaboração do PE, percebeu-se que havia grande dificuldade em imprimir textos em braille com impressoras 3D aproximando-os do padrão normativo estipulado pelo MEC e, portanto, esta era uma área a ser melhor investigada.

Após levantamento, descobriram-se alguns materiais impressos em 3D com textos em braille que, embora de grande utilidade, não atingiam o padrão normativo, além de conterem problemas principalmente relacionados a restos de impressão e fluidez da leitura, o que poderia comprometer a experimentação pelos indivíduos cegos. Outra opção encontrada foi a ferramenta Text2Braille3D que, embora entregue textos braille prontos para impressão, não segue a normativa estabelecida, gerando objetos que se aproximam de um padrão de braille



ampliado. Também foram localizadas iniciativas como, por exemplo, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (UFMA), que produziu placas de identificação em braille utilizando impressora 3D e filamento Ácido Polilático (PLA), mas com textos também ampliados. Assim, questionamo-nos: é possível alcançar qualidade em textos braille impressos em 3D aproximando-os do padrão normativo para textos desse tipo no Brasil?

Diante disso, levanta-se a hipótese de que, com técnicas corretas de impressão, procedimentos específicos de tratamento pós-impressão e atentando-se às melhores práticas para a produção de peças em impressoras 3D, é possível obter textos braille com qualidade e aproximando-se da normativa padrão nacional.

1.2 O Sistema Braille

Criado para comunicação entre os oficiais do exército francês e nomeado por sonografia, a base do Sistema Braille é um código militar de 12 sinais, com linhas e pontos representando sílabas, que permitem o diálogo entre diferentes indivíduos no campo de batalha durante a noite. Apesar do objetivo inicial, não teve sucesso entre o primeiro público-alvo, sendo modificado posteriormente para leitura e escrita das pessoas cegas (Lemos, Cerqueira, 2014). A adaptação da sonografia para um conjunto de elementos melhorados que colaboram na leitura e escrita das pessoas cegas foi realizada por Louis Braille, em 1825. Mais tarde, em 1837, ele definiu uma estrutura base, diferente do código inicial, com 63 símbolos para utilização em tópicos como literatura, música, matemática e informática (Lemos, Cerqueira, 2014).

Em 1878, após um congresso internacional envolvendo diferentes países europeus e os Estados Unidos, o Sistema Braille foi definido como meio padrão de escrita e leitura de literatura para pessoas cegas, nos moldes da proposta construída em 1837 por Louis Braille (Lemos, Cerqueira, 2014). No Brasil, o primeiro estabelecimento a adotar o Sistema Braille foi o Instituto dos Meninos Cegos, atualmente IBC, com a estrutura padrão, de 1854 até 1942. A partir de 1942, até 1963, foram verificadas alterações na simbologia que culminaram em mudanças especialmente com relação aos símbolos para acentos. Entre 1963 e 1995 acontece a padronização do Braille entre Portugal e Brasil, com a adoção pelo Brasil de elementos portugueses (Lemos, Cerqueira, 2014).

Assim, desde a década de 1960, comissões de diferentes países vêm trabalhando para que as características que fazem do Sistema Braille esse importante mecanismo de leitura e escrita sejam mantidas, acompanhando o desenvolvimento tecnológico e científico contemporâneo (Brasil, 2018).

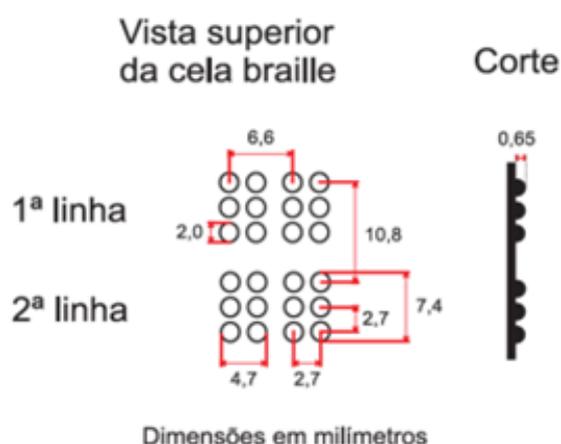
1.3 Normativa e referencial legal sobre o Sistema Braille

O principal documento normativo sobre textos braille é o livro de *Normas técnicas para produção de textos em braille* do MEC. O texto tem por objetivo a definição de técnicas, etapas e outras informações básicas que colaborem com a economia de esforços, produção de recursos e a construção de livros braille com qualidade (Brasil, 2006).

Sua elaboração foi de responsabilidade da Comissão Brasileira do Braille (CBB) que, em conformidade com a Portaria nº 319/1999, propôs as normas e regulamentações sobre uso, ensino e reprodução do braille em território nacional. Ao realizar essa estruturação, a comissão teve por objetivo: (1) padronizar a produção de livros voltados às pessoas cegas, principalmente aqueles ligados à educação desse público; (2) oferecer orientações técnicas aos profissionais; (3) apresentar às pessoas cegas, sempre que possível, o mesmo conteúdo presente nos livros em tinta (Brasil, 2006).

As medidas, segundo os parâmetros de escrita do texto braille, foram definidas conforme figura 1:

Figura 1. Medidas padrão para textos braille



Dimensões em milímetros

Fonte: (BRASIL, 2018).

Embora exista padronização, há uma variedade de equipamentos e ferramentas utilizadas para impressão e escrita dos textos braille, o que pode ocasionar variações de alguns milímetros de um equipamento ou ferramenta para outro (Brasil, 2018). Essa variedade engloba meios automatizados como as impressoras braille ou manuais como regletes e punção, por exemplo.

2 Método

O presente trabalho é parte de uma pesquisa mais ampla de mestrado, com intuito de desenvolver um material multissensorial para o ensino de Ciências às pessoas cegas, realiza-

do no âmbito do MPEDV do IBC. Sendo assim, enquadra-se como um estudo qualitativo, pois teve o intuito de observar estratégias e relacionamentos, em ambientes e por pessoas, a fim de questionar e descrever situações cotidianas, contribuindo com o propósito da pesquisa (Bogdan, Biklen, 1994).

No decorrer da investigação foram implementados para coleta de dados: (1) pesquisas livres e conversas informais com indivíduos da área de impressão 3D; (2) entrevistas semiestruturadas com atores envolvidos com a produção, adaptação e distribuição de material especializado às pessoas cegas; (3) ajustes dos procedimentos empregados. A figura 2 demonstra as etapas realizadas.

Figura 2. Etapas do método



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

A revisão dos textos braille foi feita por dois revisores de material especializados para pessoas cegas, com experiência na área, que trabalham na Divisão de Produção de Materiais Especializados (DPME), vinculada ao Departamento Técnico Especializado (DTE), do IBC, que serão aqui citados como revisora 1 e revisor 2. A revisora 1 tem mais de 20 anos de experiência na área, tendo ingressado no IBC por meio de prova de seleção, após participação em curso de revisão de textos braille. Destaca-se que a referida revisora se aposentou logo após sua participação no presente estudo. O revisor 2 ingressou no IBC há cerca de oito anos como encadernador, atuando na finalização dos livros em braille, tendo mais recentemente, no ano de 2022, realizado prova e sido admitido para o cargo de revisor.

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Centro Universitário de Valença – RJ sob parecer consubstanciado nº 5.363.730 e CAAE nº 57349222.1.0000.5246.



2.1 Ferramentas, técnicas e recursos utilizados

O desenho para impressão foi realizado no *software* Fusion 360°. Comercializado pela Autodesk, o programa permite ao usuário modelar em 3D para obter função estética, operacional, modificar estruturas prontas etc. Ainda, permite a exportação para equipamentos como, por exemplo, impressoras 3D, tornando possível a materialização dos objetos virtuais em concretos. Após a modelagem, os arquivos foram preparados no Ultimaker Cura e impressos em uma GTMax3D A1V2 do Departamento de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão (DPPE) do IBC.

Ao fim de cada impressão, as peças foram submetidas a dois diferentes procedimentos, sendo um de lixamento e outro químico. Destaca-se que as técnicas não foram aplicadas em conjunto. No primeiro, foram utilizadas lixas d'água nº 80, 280 e 600 com delicadeza entre os pontos, de maneira vertical e horizontal, atingindo tanto a base quanto os pontos, sem desgastar o formato arredondado. Após, as lixas 280 e 600 foram passadas em cima de cada ponto, de maneira bastante superficial. Vale ressaltar que antes do lixamento derramava-se água em cima das peças e, ao fim, eram lavadas com água, sabão neutro e bucha fina. Para o segundo método, o químico, as peças eram colocadas no centro em um recipiente circular com tampa, sendo as paredes desse vasilhame preenchidas com papel toalha embebido de acetona pura. Após cerca de 20 minutos, a tampa era aberta e cada peça descansava por mais 20 minutos dentro do recipiente. Percorrido o tempo, permanecia por mais 20 minutos fora do vasilhame.

A técnica de lixamento foi, assim como a de alisamento com acetona, identificada em pesquisas livres e conversas com profissionais da área de impressão 3D e em fóruns sobre os temas na internet.

2.2 Testes iniciais

Em um primeiro momento, a fim de validar técnicas de impressão, capacidade de detalhamento da impressora e dimensão dos pontos, utilizaram-se os modelos em braille gerados pelo serviço Text2Braille3D, plataforma adaptada e traduzida para o português do Brasil pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) (Text2braille3d, 2016).

Para os textos braille produzidos nesta pesquisa, buscaram-se outras técnicas e o desenvolvimento autoral das etiquetas com o Fusion 360°, aproximando as impressões do braille padrão. Assim, foram implementadas diferentes configurações, modificando-as iterativamente, com relação a: (1) velocidade de impressão e ventoinha; (2) filamento; (3) padrão e densidade de preenchimento; (4) espessura das peças; (5) abertura do bico de impressão, (6) posição das peças; (7) temperatura ambiente; (8) abertura do equipamento.



2.3 Revisões parcial e final

A etapa de revisão foi dividida em duas dimensões, sendo a primeira do material parcial, com a revisora 1, e a segunda, revisão final do produto, realizada pelo revisor 2.

Em ambas as revisões optou-se por apresentar as peças seguindo roteiros pré-definidos, mais abertos, em formato de entrevista semiestruturada. Destaca-se que o meio de registro das revisões foi a gravação de áudio. Para analisar as respostas, gravações foram executadas e as respostas às perguntas, tabeladas e enumeradas. Após, interpretadas as sugestões de mudanças, estas foram implementadas ou justificadas.

A revisão parcial dos textos em braille foi realizada nas dependências da DPME pela revisora 1, que manuseou quatro objetos circulares, sendo dois com o texto “Tamanduá” e dois com o texto “Onça”. Em dois dos objetos, prezou-se pelo braille padrão, enquanto nos outros a dimensão do ponto foi reduzida para 1,7 mm. A revisão final deu importância às mesmas características da revisão parcial, mas considerando apenas a versão do texto braille apoiada pela revisora 1. Nesta etapa, portanto, apresentaram-se 14 objetos em formato circular com o texto braille na parte de baixo e o ser vivo referente ao texto na de cima, conforme figura 12. A análise foi realizada na DPME pelo revisor 2.

O roteiro de revisão parcial e final foi construído com base em Cerqueira e Ferreira (2000), Turino (2019) e Rosa (2015). O quadro 1 apresenta os pontos valorizados.

Quadro 1. Roteiro de revisão parcial e final

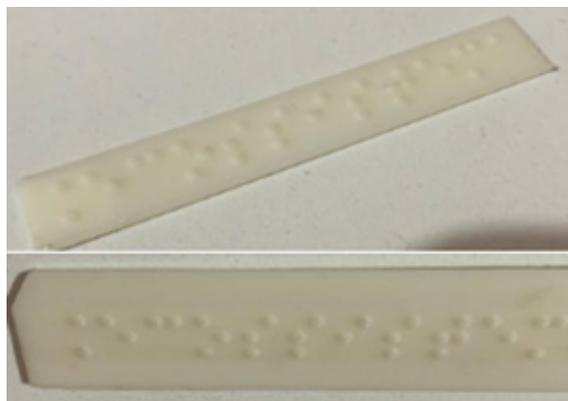
Texto em braille	1 – O que você acha da composição dos objetos? (há relevos desnecessários, bordas pontiagudas, pontos que machucam, incomodam e/ou atrapalham a compreensão?)
	2 – Quando está lendo o texto, tem a impressão de que os dedos deslizam com facilidade ou agarram ao material?
	3 – O que você acha da altura e espaçamento entre os pontos e do espaçamento entre as celas?
	4 – É possível entender com clareza ou há dificuldade na compreensão do que está escrito?
	5 – O que você acha do tamanho das placas e da disposição do texto? (a palavra toda em uma placa ou a quebra da palavra em duas linhas pode prejudicar a leitura?)
	6 – O que você acha da espessura das placas?
	7 – Entre os formatos apresentados, qual você achou mais adequado à leitura?
	8 – Algum comentário, sugestão ou crítica?

Fonte: Cerqueira e Ferreira (2000), Turino (2019) e Rosa (2015).

3 Discussões e Resultados

Nos primeiros testes, com as etiquetas geradas pelo serviço Text2Braille3D e analisando as etiquetas produzidas pelo IFMA, ficaram nítidos os textos em braille ampliado. A figura 3 destaca a primeira impressão realizada, usando como base a etiqueta gerada pelo serviço do IFRS. O indivíduo que lê o braille com o tato, de acordo Dutton (2021), precisa de mais tempo que o vidente, pois pelo tato não é possível perceber a quantidade de símbolos ao mesmo tempo como a visão garante. Além disso, Dutton (2021) lembra que as primeiras e contínuas experiências com textos em braille pela criança cega acontecem na escola. Fora dela, poucas são as situações em que se entra em contato com o referido sistema, enquanto a criança vidente está imersa o tempo todo em ambientes com o alfabeto escrito. Somando isso ao distanciamento social recente, que agrava o problema, especialmente com relação às crianças que passaram por parte da alfabetização de maneira remota, entendemos que uma etiqueta em braille com dimensões ampliadas poderia ser mais um empecilho no tempo de leitura, no volume de texto impresso, no tempo de impressão e na quantidade de material gasto. Dessa forma, optou-se por elaborar alternativas aproximando-se do padrão normativo de Brasil (2018).

Figura 3. Primeiras etiquetas em braille



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Em busca de um texto que fosse impresso diretamente nas peças e que estivesse dentro do padrão normativo nacional, propôs-se construir um modelo próprio para o projeto, conforme métricas de Brasil (2018), utilizando o Fusion 360°.

O primeiro teste foi com a palavra “Ecosistema”, com espessura de 0,10 cm na placa, densidade de preenchimento de 30%, velocidade de impressão em 100%, velocidade de ventoinha de 60%, padrão de preenchimento em linha, com a peça deitada na mesa de impressão, velocidade de retração em 20.0 mm/s e distância de retração em 4.0 mm, com os pontos apontando para cima. Essas configurações foram definidas a partir de pesquisas em fóruns, que sugerem parâmetros padrão para filamentos e equipamentos específicos.

O resultado foi uma peça riscada e fina. A ponta da impressora pareceu se agarrar às sobras no movimento de vai e vem do bico de impressão, criando linhas que se fundiram aos pontos e tornaram o material desagradável ao tato. Semelhante situação foi percebida quando impressas muitas peças juntas. Em um segundo teste os problemas se repetiram. Após análise, percebeu-se que os valores de retração e espessura da peça poderiam não ser adequados e que a cidade do Rio de Janeiro passava por período chuvoso, deixando as peças úmidas, diante do incorreto armazenamento. Descobriu-se então que o problema é comum, conhecido sob o termo *stringing* de impressão, resultando em teias na impressão (Salzano, 2019).

Como destaca Soler (1999), o tato é um sistema analítico, que demanda experimentação detalhada do objeto para compreensão do todo. Assim, com uma peça muito fina, com riscos pontiagudos e sem utilidade, a leitura e a resistência da placa poderiam ser um problema quando efetivamente em uso. De maneira similar Cerqueira e Ferreira (2000), sobre a experiência do educando com materiais táteis, lembram que é necessário cuidado à aceitação, segurança e resistência do material, possibilitando uma experimentação que não arranhe ou desagrade ao tato, evitando o afastamento do indivíduo. A figura 4 apresenta a etiqueta inadequada descrita.

Figura 4. Primeiro teste de modelo próprio em braille impresso em 3D



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

O segundo teste utilizou a mesma palavra, mas com a peça em pé na mesa de impressão, os pontos virados para a frente da impressora, velocidade de retração em 25.0 mm/s e distância de retração em 4,5mm. A mudança de retração aconteceu após orientações de Salzano (2019). De acordo com o autor, considerando que o bico solta alguns resíduos enquanto vai de um lado para o outro a depender da temperatura ambiente, umidade do filamento, distância e velocidade de retração etc., é preciso controlar essa sobra entre uma aplicação e outra do material. A mudança na orientação da peça foi uma reflexão de um dos autores, que pensou nos suportes de impressão como um auxílio aos pontos braille, podendo garantir maior qualidade. Os suportes de impressão são impressos pela máquina sempre que há partes da peça “flutuando”, que demandam sustentação (Rasgriz, 2020).

Embora melhor, a espessura de 0,10 mm resultou em um material ainda fino. As mudanças de orientação e retração melhoraram a qualidade dos pontos e eliminaram os riscos do teste mostrado. A figura 5 apresenta a peça modificada.

Figura 5. Segundo teste de modelo próprio em braille impresso em 3D

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Aplicando as configurações assertivas da segunda técnica em junção à mudança na velocidade da impressão, que foi reduzida para 80% com espessura de 0,15 cm, o terceiro teste foi realizado. A frase “1º Nível Trófico” foi impressa, passando posteriormente pelo processo de lixamento, conforme Loenert (2015) e Porto (2021). Apesar da sobra de material ainda estar presente, parece menor com a velocidade de impressão reduzida a 80%. Além disso, o processo permitiu que os dedos deslizassem com mais facilidade na peça, que ficou mais lisa. Isso pode ser visto na figura 6.

Figura 6. Terceiro teste de modelo próprio em braille impresso em 3D

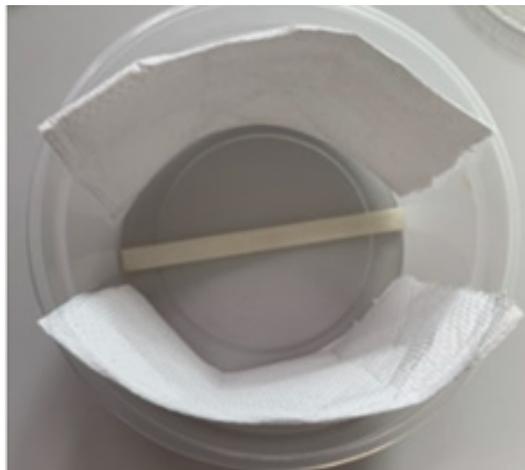
Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

A fim de verificar se a altura do ponto faria diferença, uma mesma peça foi impressa e tratada, mas com a altura dos pontos de 0,60 mm. Optou-se por realizar o referido teste após uma professora do instituto informalmente questionar se os pontos não estavam altos demais. Diante de sua experiência com braille, decidiu-se verificar. Por fim, as mudanças à vista e ao toque foram imperceptíveis à pessoa vidente, preferindo aguardar avaliação pela revisora 1.

Figura 7. Quarto teste de modelo próprio em braille impresso em 3D

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Verificando o que poderia resultar se adicionado um melhoramento químico à peça, foi aplicado um processo com vapor de acetona. Assim, conforme sugerido por BitFab ([2020]), o objeto foi colocado em um recipiente e, dentro dele, alguns pedaços de papel embebidos com a acetona por um período de 20 minutos, conforme a figura 8.

Figura 8. Recipiente com vapor de acetona

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

No vapor da solução, os pontos da peça pareceram derreter, perdendo qualidade, além de “agarrar” no dedo. Outro ponto interessante foi que houve um empenamento do objeto. Ficou bonito à vista, mas perdeu o sentido quando tateado. Considerando as informações já apresentadas na literatura, com destaque à Cerqueira e Ferreira (2000) e Soler (1999) sobre a experimentação por meio do tato, foi mantida apenas a técnica de lixamento. A figura 9 traz o objeto modificado.

Figura 9. Quinto teste de modelo próprio em braille impresso em 3D

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Com os dados iniciais sobre impressão e tratamento dos textos impressos em 3D, transferiu-se, por meio do Fusion 360°, os textos para os círculos que integrariam o produto final, mantendo as configurações de impressão e de tratamento.

O texto “Onça” esteve presente em dois diferentes objetos, sendo o primeiro com pontos em braille seguindo o padrão de 2,0 mm, conforme Brasil (2018), e outro de 1,7 mm. Essa variação se deu pois o derretimento e espessura do filamento poderiam aumentar em alguns milímetros a dimensão dos pontos. Sendo assim, a redução poderia ser, na verdade, o que garantiria o padrão.

Apesar das considerações, os cálculos para conhecimento do valor exato não foram realizados pois, embora tenhamos encontrado um conjunto de técnicas que colaboram com a

impressão do braille em impressoras 3D, esses dados variam muito entre equipamentos, temperaturas, filamentos etc. Então, investigar tão profundamente essa variação, além de fugir do cerne da pesquisa maior, talvez não trouxesse grandes colaborações. A variabilidade dos valores em impressão de textos braille com diferentes equipamentos é evidenciada pela própria norma brasileira para textos braille, que destaca: “Essas medidas podem variar ligeiramente de acordo com a ferramenta ou equipamento utilizado para a impressão” (Brasil, 2018, p. 105).

Após a impressão dos objetos com a variação de 2,0 mm e 1,7 mm, houve a sensação de que os pontos ficaram mais definidos e claros aos olhos e aos dedos no segundo modelo. Essa percepção foi constatada pelo pesquisador e pela professora que colaborou informalmente com a pesquisa. Diferente das placas testadas na primeira parte do trabalho, os círculos foram preenchidos com padrão triangular, vistas a manipulação frequente dessas peças e a resistência maior conseguida com este tipo de preenchimento, conforme 3D Lab (2019). A figura 10 mostra à esquerda os pontos de 2,0 mm e à direita os de 1,7 mm.

Figura 10. Sexto teste de modelo próprio em braille impresso em 3D – em círculo



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Pela sutil diferença, apresentaram-se as peças à revisora 1. Na avaliação da profissional, a textura do braille ficou boa, encontrando poucos pontos de atenção quanto às rebarbas e deslizamento dos dedos no texto. Ao fim, declarou preferir o texto escrito com os pontos em 1,7 mm pois parecia mais legível e limpo.

Embora fora do padrão normativo estabelecido pelo MEC, optou-se por fazer a impressão dos textos utilizando os pontos com 1,7 mm de diâmetro, como recomendado pela revisora 1 e percebido informalmente.

Quanto à configuração, ficou definida a densidade de preenchimento em 30%, velocidade de impressão em 80%, ventoinha em 60%, com orientação em pé, velocidade de retração em 25.0 mm/s, distância de retração em 4,5mm e padrão de preenchimento triangular.

Acerca do tratamento, manteve-se o lixamento com lixas d'água 80, 280 e 600 em todas as partes, não se executando o processo químico.

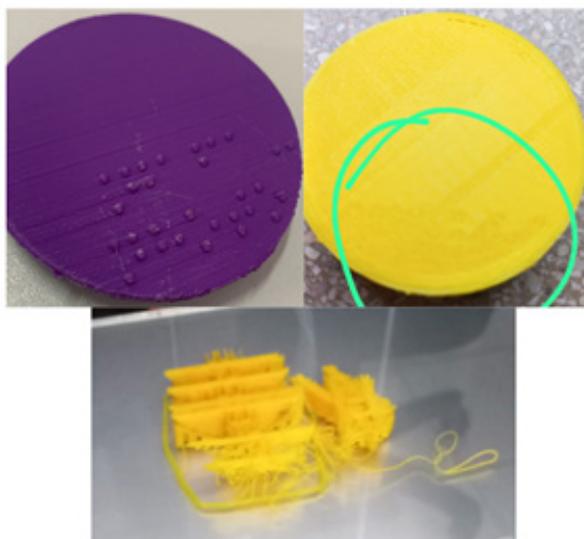
Em todos os testes acima citados foi utilizado o filamento Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS) de cor branca, com as portas da impressora e janelas da sala fechadas, com temperatura ambiente entre 25°C e 29°C. Os testes realizados até aqui indicaram os procedimentos seguidos nas impressões de braille do produto final da pesquisa de dissertação.

Pelo fato de o filamento ABS até então utilizado ter acabado e não ser o suficiente para realizar a impressão das peças restantes, optou-se por utilizar o amarelo e roxo, ambos PLA. Após a substituição do filamento, problemas de fixação das peças na mesa de impressão passaram a ocorrer com frequência, sendo necessário refazer o percurso de técnicas utilizadas em busca de uma mudança.

Dentre os problemas, pelo fato de não fixar corretamente na mesa, a cada movimento o bico de impressão se chocava com a peça, soltando-se da base. Quando não soltava, imprimia o objeto com efeito espaguete.

Assim, com auxílio do suporte remoto da fabricante da impressora, foram realizados procedimentos que pudessem melhorar a impressão e mitigar os novos problemas. Portanto, as seguintes mudanças foram implementadas para o novo filamento: (1) impressora passou a imprimir com portas abertas; (2) as janelas da sala passaram a ser abertas; (3) evitaram-se impressões com mais de 6 horas; (4) impressora foi colocada em uma mesa fixa; (5) configurações de temperatura da mesa e do bico de impressão modificadas – essa parte mais por conta do tipo de filamento que pelos erros de impressão. A figura 11 evidencia algumas das impressões defeituosas.

Figura 11. Impressões defeituosas



Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.



Após análise dos revisores cegos, inferimos que é possível alcançar qualidade em textos braille impressos em 3D, muito próxima do padrão normativo brasileiro, utilizando filamentos PLA e ABS, com a impressora GTMax3D A1V2, na cidade do Rio de Janeiro. Esses achados representam um grande avanço para produção de recursos educacionais direcionados a pessoas cegas, uma vez que a impressão direta dos textos braille no objeto proporciona maior clareza ao estudante e agilidade para a produção do material. Acreditamos que essa pesquisa poderá auxiliar diversos pesquisadores que possuem equipamentos iguais ou semelhantes aos utilizados aqui, também sob condições similares. Além disso, há um promissor horizonte a ser investigado.

Sobre o tratamento, ficou evidente que técnicas de derretimento de camadas não são boa opção para impressão de textos braille. O processo químico foca na aparência e não na funcionalidade do objeto, tornando-o menos fluido e, a depender do tamanho da peça, empenando-a. Por outro lado, o processo de lixamento, reservando-se cuidados com a quantidade de material removido, torna a peça mais lisa e nítida ao tato.

Para trabalhos futuros pretende-se explorar configurações em diferentes impressoras, considerando outras regiões do país, sob influência de diversas umidades e temperaturas. Além disso, será visada a construção/aperfeiçoamento de um sistema que gere automaticamente etiquetas com textos braille seguindo o padrão do MEC.

Referências

BITFAB. Como alisar PLA? 4 técnicas e truques. *In*: BITFAB. [Madrid, Espanha, 2020]. Disponível em: <https://bitfab.io/pt-pt/blog/alisar-pla/>. Acesso em: 16 dez. 2022.

BOGDAN, Roberto; BIKLEN, Sari Knopp. *Investigação Qualitativa em Educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto, 1994. 333 p.

BRASIL. *Documento de área – ensino*. Brasília, DF: MEC: CAPES, 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. *Normas Técnicas para a Produção de Textos em Braille*. 2. ed. Brasília, DF: MEC, 2006. 73p.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. *Normas Técnicas para a Produção de Textos em Braille*. 3. ed. Brasília, DF: MEC, 2018. 120p.

BRASIL. *Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015*. Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência. Brasília, DF: Presidência da República, 2015. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm. Acesso em: 20 set. 2022.



CERQUEIRA, Jonir; FERREIRA, Elise. Recursos didáticos na educação especial. *Benjamin Constant*, Rio de Janeiro, n. 15, 2000. Disponível em: <http://revista.ibc.gov.br/index.php/BC/article/view/602>. Acesso em: 25 set. 2021.

DUTTON, Camila Sousa. As especificidades do ensino e da aprendizagem da leitura por meio do Sistema Braille na alfabetização de alunos cegos. *Benjamin Constant*, Rio de Janeiro, v. 27, n. 62, e276202, 2021. Disponível em: <http://200.156.28.48/index.php/BC/article/view/795>. Acesso em: 15 dez. 2022.

LEMOS, Edison; CERQUEIRA, Jonir. O sistema Braille no Brasil. *Benjamin Constant*, Rio de Janeiro, ano 20, edição especial, p. 23-28, 2014. Disponível no link: <http://200.156.28.48/index.php/BC/article/view/353>. Acesso em: 15 dez. 2022.

LOENERT, Laura. 10 dicas para um bom acabamento em uma peça feita por impressão 3D. *In: 3DPRINTING*. [S. l.], 16 set. 2015. Maker. Disponível em: <https://3dprinting.com.br/10-dicas-para-um-bom-acabamento-em-uma-peca-de-impressao-3d/>. Acesso em: 15 dez. 2022.

PORTO, Marina. Materiais e técnicas de acabamento de suas peças em PLA. *In: MAKERHERO*. Palhoça, SC, 24 nov. 2021. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/materiais-e-tecnicas-de-acabamento-de-suas-pecas-em-pla/>. Acesso em: 12 dez. 2022.

RAZGRIZ, Guilherme. Aprenda a utilizar suportes na impressão 3D. *In: MAKERHERO*. Palhoça, SC, 26 ago. 2020. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/aprenda-a-utilizar-suportes-na-impressao-3d/>. Acesso em: 12 dez. 2022.

ROSA, Patrícia. *A prática docente e os materiais grafo-tátil no ensino de Ciências naturais e da terra para pessoas com deficiência visual: uma reflexão sobre o uso em sala de aula*. 2015. 260 f. Dissertação (Mestrado em Diversidade e Inclusão) – Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://cmpdi.sites.uff.br/wp-content/uploads/sites/186/2018/08/Disserta%C3%A7%C3%A3o-PatriciaIgn%C3%A1ciadaRosa.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2022.

SALZANO, Oswaldo. *Retração de Mestre*: elimine as teias (stringing) da sua Impressão 3D. [S. l.: s. n.], 5 dez. 2019. 1 vídeo (6 min). Publicado pelo canal 3D Print Academy - Impressão 3D Pro e Maker. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Rvc4A3QHk6s>. Acesso em: 8 dez. 2022.

SOLER, Miquel-Albert. *Didáctica multisensorial de las ciencias: un método inclusivo y transdisciplinar para alumnos ciegos, discapacitados visuales y, también, sin problemas de visión*. Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, 1999.

TEXT2BRAILLE3D. Texto para placa Braille 3D. [S. l.: IFRS], 2016. Disponível em: <https://cta-ifs.github.io/Text2Braille3d/>. Acesso em: 15 jun. 2022.



TURINO, Thaís Andressa. *Validação de material didático para pessoas com deficiência visual: construção mútua entre usuários e projetistas*. 2019. 127 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/11636/THA%c3%8dS%20ANDRESSA%20DE%20SOUZA%20TURINO%20repositorio%20pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20 jun. 2022.

VIGOTSKI, Lev Semionovitch. A defectologia e o estudo do desenvolvimento e da educação da criança anormal. *Revista Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 861-870, dez. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ep/a/x987G8H9nDCcvTYQWfsn4kN/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 8 dez. 2022

3DLAB. Aprenda como escolher o tipo e percentual de preenchimento na impressão 3D. *3DLab*, Betim-MG, Abril de 2019. Dicas. Disponível em: <https://3dlab.com.br/preenchimento-na-impressao-3d/>. Acesso em: 5 dez. 2022.

Recebido em: 16.6.2023

Revisado em: 18.9.2023

Aprovado em: 16.10.2023