

SEÇÃO ESPECIAL: UNIVERSIDADE E INCLUSÃO

Desenvolvimento de recursos assistivos em impressora 3D para alunos universitários com deficiência

Taciana Ramos Luz¹, Rudolf Huebner², Gabriel Vieira Silva³
Natália Lara Mota Maia⁴, Álvaro França⁵, Crislaine Gomes Arrais⁶

RESUMO

Para promover a inclusão de estudantes com deficiência, é possível utilizar materiais personalizados e fabricados na impressora 3D, com o intuito de facilitar o entendimento dos conteúdos ministrados durante as aulas. Nesse contexto, este estudo objetiva desenvolver materiais que auxiliem no aprendizado e na mobilidade de pessoas com deficiência a partir de tecnologias de escaneamento tridimensional e manufatura aditiva. No período de março de 2019 a dezembro de 2021, foram entrevistados nove alunos com deficiência em uma universidade. Posteriormente, os pesquisadores acompanharam algumas aulas destes alunos para compreender suas demandas. Desta forma, as ideias foram projetadas e materializadas para serem validadas e aprimoradas. Concomitantemente, para otimizar o gerenciamento dos projetos, foram empregadas metodologias de priorização das demandas com o estabelecimento de prazos para a confecção das peças. Observou-se que tais materiais foram utilizados por alunos com deficiência e sem deficiência, demonstrando contribuições no processo de aprendizagem e no convívio social.

Palavras-chave: manufatura aditiva; impressão 3D; tecnologia assistiva; estratégias pedagógicas; recursos assistivos.

Como citar este documento – ABNT

LUZ, Taciana Ramos. Desenvolvimento de recursos assistivos em impressora 3D para alunos universitários com deficiência. *Revista Docência do Ensino Superior*, Belo Horizonte, v. 12, e039006, p. 1-26, 2022.
DOI: <https://doi.org/10.35699/2237-5864.2022.39006>.

Recebido em: 28/04/2022
Aprovado em: 23/06/2022
Publicado em: 15/12/2022

¹ Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9754-3006>. E-mail: tacianaluz@gail.com

² Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2613-304X>. E-mail: rudolf@demec.ufmg.br

³ Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4785-2764>. E-mail: gabrielvs_bh@hotmail.com

⁴ Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9489-4508>. E-mail: natalia.laramm@gmail.com

⁵ Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil.
E-mail: alvaro.franca.ufmg@gmail.com

⁶ Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8170-9203>. E-mail: crislaine_arrais@hotmail.com

Desarrollo de recursos de asistencia en impresora 3D para estudiantes universitarios con discapacidad

RESUMEN

Para favorecer la inclusión de los alumnos con discapacidad, es posible utilizar materiales personalizados fabricados en impresora 3D, con el fin de facilitar la comprensión de los contenidos impartidos durante las clases. En este contexto, este estudio pretende desarrollar materiales que ayuden al aprendizaje y a la movilidad de las personas con discapacidad a partir de tecnologías de escaneo tridimensional y fabricación aditiva. En el período comprendido entre marzo de 2019 y diciembre de 2021, se entrevistó a nueve estudiantes con discapacidad en una universidad. Posteriormente, los investigadores hicieron un seguimiento de algunas clases de estos alumnos para conocer sus demandas. De este modo, las ideas se diseñaron y materializaron para ser validadas y mejoradas. Al mismo tiempo, para optimizar la gestión del proyecto, se utilizaron metodologías para priorizar las demandas con el establecimiento de plazos para la fabricación de piezas. Se observó que dichos materiales eran utilizados por alumnos con y sin discapacidad, mostrando aportaciones en el proceso de aprendizaje y en la interacción social.

Palabras clave: fabricación aditiva; impresión 3D; tecnología asistencial; estrategias pedagógicas; recursos asistenciales.

Development of assistive resources in 3D printer for university students with disabilities

ABSTRACT

To promote the inclusion of students with disabilities, it is possible to use personalized materials manufactured in a 3D printer to facilitate the understanding of contents taught during classes. In this context, this study aims to develop materials from three-dimensional scanning and additive manufacturing technologies that assist in the learning process and in the mobility of persons with disabilities. During the period from March 2019 to December 2021, nine students with disabilities were interviewed at a university. Subsequently, the researchers followed some classes taken by these students to understand their demands. Therefore, ideas were designed and materialized to be validated and improved. At the same time, to optimize the project management, methodologies were used to prioritize the demands with the establishment of deadlines to produce the pieces. It was observed that these materials were used by students with and without disabilities, showing contributions in the learning process and in social interaction.

Keywords: additive manufacturing; 3D printing; assistive technology; didactic strategies; assistive devices.

INTRODUÇÃO

A educação inclusiva busca garantir a inclusão de todos os estudantes e possui o objetivo de promover o acesso ao ensino de qualidade com equidade. As instituições de ensino superior devem garantir a inclusão e a permanência de alunos com necessidades educacionais especiais, sendo de grande importância a preparação de recursos pedagógicos que atendam a suas especificidades. Desta forma, torna-se necessário reduzir as barreiras de acesso ao conhecimento em prol de uma educação que atenda às diversidades.

Dentre os principais desafios enfrentados, estão a necessidade de treinamentos direcionados aos professores universitários para o desenvolvimento da capacidade de identificação das demandas educacionais dos alunos com necessidades educacionais, os limitados investimentos nessa área e a dificuldade de adaptação do ambiente universitário devido à falta de políticas que visem a acessibilidade desses espaços, além do desconhecimento sobre as possibilidades de desenvolvimento de tecnologias assistivas por manufatura aditiva (WONJIN *et al.*, 2016).

Segundo a norma ISO/ASTM 52900 (ABNT, 2018), a manufatura aditiva se refere a um processo de fabricação que, por meio da adição sucessiva de material na forma de camadas, permite fabricar componentes físicos a partir de diversos princípios. Além disso, de acordo com Sheremetieff Jr. e Gonçalves (2020), a prototipagem rápida e a impressão 3D são termos utilizados para denominar um grupo de tecnologias usadas para construir modelos físicos, protótipos, componentes de ferramentas e peças acabadas a partir de um modelo tridimensional desenhado em um software para projetos.

A manufatura aditiva permite o desenvolvimento e a construção de peças altamente customizadas de maneira rápida e com a redução de custos com a compra de outros materiais. Além disso, segundo Alves, Emmel e Matsukura (2012), a grande vantagem é o fato de os projetos atenderem precisamente às medidas e às especificidades de cada indivíduo. Somado a esses fatores, são recursos assistivos de baixo custo, pois são demandados apenas os filamentos e a impressora 3D, e, inclusive, podem ser impressas diversas correções e adaptações, de forma a melhor atender o usuário.

São necessários a criação de um ambiente universitário com salas adaptadas de acordo com os princípios do design universal, profissionais capacitados, maquetes sensoriais, recursos didático-pedagógicos e o acompanhamento psicológico (CAMARGO, 2017). Ademais, o processo da educação inclusiva ultrapassa o ambiente das salas de aula e, para garantir sua aplicação plena, é necessário envolver os familiares do estudante, a comunidade universitária e uma equipe multidisciplinar, formada por profissionais da saúde, da educação e das engenharias. Estes podem ser os próprios estudantes da instituição, orientados por

seus professores a fim de prospectar demandas e estabelecer o diálogo para a troca de conhecimentos e experiências.

Devido ao impacto das limitações sobre o desempenho ocupacional dos estudantes com deficiência no contexto educacional e à importância das intervenções que minimizem essa questão, este estudo objetiva desenvolver materiais que auxiliem no aprendizado e na mobilidade de pessoas com deficiência a partir da tecnologia de escaneamento tridimensional e manufatura aditiva. Dessa forma, serão apresentados o fluxo de trabalho, os produtos desenvolvidos e os impactos positivos para a inclusão acadêmica em decorrência da utilização destes recursos, que foram desenvolvidos no período de março de 2019 a dezembro de 2021, pela comunidade universitária.

REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Bioengenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (LabBio/UFMG) juntamente com o Núcleo de Acessibilidade e Inclusão da Universidade (NAI/UFMG). Houve o envolvimento de uma equipe multidisciplinar composta por estudantes de graduação e pós-graduação em Fisioterapia, Terapia Ocupacional, Arquitetura e Engenharia Mecânica.

Durante o desenvolvimento do projeto, foram recebidas demandas de professores que possuíam alunos com deficiência cadastrados no Núcleo de Acessibilidade e Inclusão. Além das demandas recebidas, foram prospectadas demandas através de afixação de cartazes em murais de todos os prédios da universidade, divulgação nas redes sociais do LabBio/UFMG e NAI/UFMG, promoção de palestras organizadas a partir de reuniões nos colegiados dos cursos de graduação e interação com os grupos de pessoas com deficiência existentes na universidade, incluindo alunos, ex-alunos e alunos calouros que foram contactados previamente, antes de iniciar a jornada acadêmica. A partir do trabalho de prospecção, foram realizadas reuniões com professores para a discussão das demandas pedagógicas.

Segundo Lárusdóttir, Cajander e Gulliksen (2014), a metodologia SCRUM relaciona-se a um conjunto de práticas que visam otimizar o gerenciamento de projetos. Primeiramente, deve-se definir as etapas do projeto e, em um segundo momento, estabelecer as prioridades e os prazos, delegando tarefas para cada membro da equipe. Tais etapas devem seguir o sistema de gestão à vista, ou seja, os registros sobre o andamento de cada etapa devem estar visíveis a todos. No caso da organização da equipe do presente estudo, foram utilizados adesivos nas cores verde, amarelo e vermelho à frente de cada tarefa indicando, respectivamente, o status de concluída, em andamento e não concluída. As etapas relacionadas a essa metodologia devem ser aplicadas em ciclos chamados *sprints*, de no mínimo duas semanas e no máximo quatro semanas.

De acordo com Batra (2017), a matriz de Eisenhower, ou matriz urgente/importante, (FIGURA 1) visa estabelecer prioridades com as seguintes classificações:

- Importante e urgente: A demanda deve ser atendida imediatamente. No caso, o usuário está aguardando a sua utilização imediata.
- Importante e menos urgente: As demandas podem ser atendidas no médio ou longo prazo. No caso, o usuário já utiliza um recurso assistivo, mas está aguardando uma solução mais adequada.
- Urgente e menos importante: As demandas possuem um prazo maior para serem cumpridas. Geralmente são sugestões que envolvem uma operacionalização mais complexa, maiores recursos e trabalha-se com a possibilidade de atender um usuário no futuro.
- Menos urgente e menos importante: São demandas que estão na lista porque foram prospectadas, ou seja, fazem parte de um banco de ideias. Entretanto, se não houver um processo de amadurecimento sobre aplicabilidade e operacionalização das propostas com maiores discussões acerca do tema, não possuem uma data definida para saírem do banco de ideias.

As demandas foram priorizadas de acordo com a Figura 1:

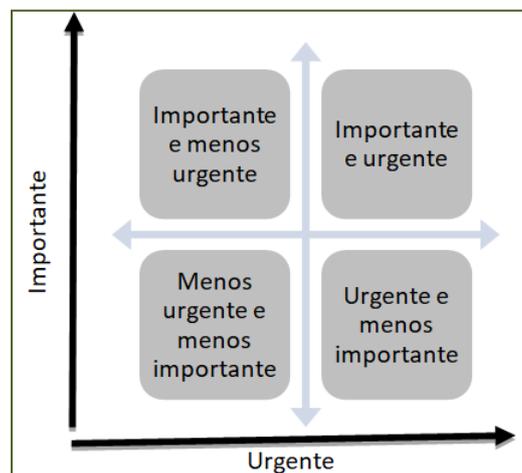


Figura 1 - Matriz de Eisenhower.

Fonte: elaborada pelos autores.

Legenda: Matriz dividida quanto à importância e à urgência. No primeiro quadrante, tem-se a união entre importante e menos urgente; segundo quadrante, união entre importante e urgente; terceiro quadrante, união entre menos importante e menos urgente; quarto quadrante, união entre menos importante e urgente.

A metodologia SCRUM é um conjunto de boas práticas empregado no gerenciamento de projetos. Focada nos membros da equipe, o SCRUM torna os processos mais simples e

claros, pois mantêm registros visíveis sobre o andamento de todas as etapas. Assim, os participantes sabem em que fase o projeto está, o que já foi concluído e o que falta ser feito para a sua entrega. Essa metodologia é aplicada a partir de ciclos rápidos, chamados *sprints*, nos quais há um tempo determinado para que as atividades sejam concluídas, geralmente, entre duas e quatro semanas (LÁRUSDÓTTIR; CAJANDER; GULLIKSEN, 2014).

A partir da aplicação da metodologia SCRUM (SUTHERLAND, 2014), cada demanda foi dividida em etapas com prazos claros a serem cumpridos. Para cada demanda, foram realizadas as seguintes etapas, conforme Figura 2.

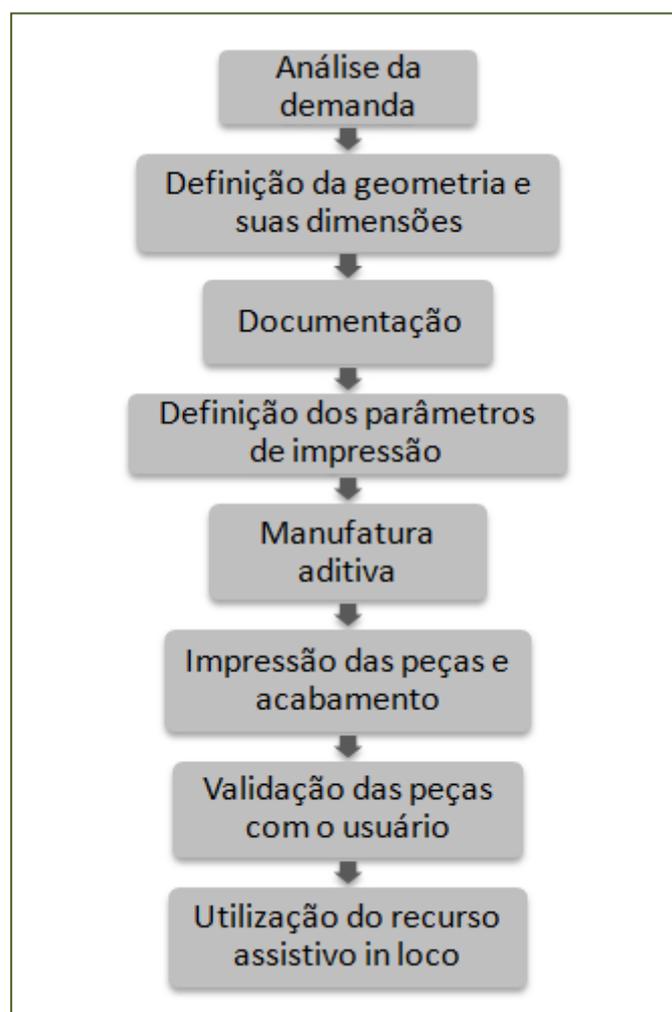


Figura 2 - Etapas a serem executadas para cada demanda.

Fonte: elaborada pelos autores.

Legenda: o fluxo de trabalho é iniciado com a análise da demanda. Em seguida, tem-se a definição da geometria e suas dimensões, a documentação do processo e a definição dos parâmetros de impressão. A partir disso, a manufatura aditiva é confeccionada, as peças são impressas e passam pelo processo de acabamento. Por fim, os usuários validam as peças e utilizam o recurso assistivo in loco.

Cada etapa possui as atividades a serem cumpridas para avançar para a próxima etapa, conforme descrito a seguir.

Análise da demanda

Esta fase visa o projeto conceitual, para levantamento de informações e avaliação de viabilidade de ideias. Por meio de reuniões com a pessoa com deficiência e pessoas envolvidas, como professores, colegas e familiares, foram definidos os critérios dos projetos. A metodologia de observação participante (MUSANTE; DEWALT, 2010) foi utilizada para a realização das entrevistas e participações durante aulas in loco.

Definição da geometria específica e suas dimensões

Os membros da equipe da área de projetos (engenharia mecânica), munidos de folha de desenho, canetas coloridas e um notebook com o software SolidWorks instalado, iniciaram, in loco, o esboço do desenho da peça. Em alguns casos, o desenho era concluído para validação imediata do usuário. Desta forma, gerava-se a documentação a posteriori e a equipe de projetos obtinha um entendimento mais claro do que viria a ser a peça e de suas características. Em alguns projetos também utilizaram o scanner 3D EinScan-Pro+. Ressalta-se que, além do Solidworks, necessitou-se utilizar o software Autodesk Meshmixer para realizar a modelagem da geometria para a realização de determinadas demandas.

Documentação

Geração de relatórios com os dados do aluno com deficiência, do professor, do setor da universidade, de colegas próximos e de familiares, além da coleta de informações sobre a rotina e as atividades de vida diária da pessoa com deficiência a fim de compreender todo o contexto da demanda. Foram também elaborados relatórios técnicos com as especificações técnicas das peças e dos parâmetros de impressão.

Escolha do material e definição dos parâmetros de impressão

Os critérios para a escolha do filamento foram custo e propriedades técnicas do material, como a resistência mecânica, a resistência térmica e a elasticidade. Já os parâmetros foram definidos de acordo com as características da peça, incluindo as cores e os encaixes de partes móveis. Uma etapa importante desse estágio era o fatiamento do desenho; nesse momento, foi importante equilibrar o objetivo de economia de material, escolhendo um preenchimento mais econômico e, conseqüentemente, uma peça mais leve, com resistência e durabilidade, pois ela não poderia ser quebradiça e ter pouca durabilidade.

Manufatura aditiva

Para a confecção dos protótipos, foram utilizadas as impressoras de tecnologia FDM (Fused Deposition Modeling) e BJ3DP (Binder Jet 3D Printing), que eram, respectivamente, dos modelos Sethi 3D AIP A3 e 3D Project 4500. Segundo Wong e Hernandez (2012), o FDM é um processo de manufatura aditiva em que um filamento fino de plástico é inserido em uma máquina cujo cabeçote de impressão o funde e o extrude em uma camada de até 0,25 mm. Quanto ao BJ3DP, o estudo de Mostafaei *et al.* (2021) detalha que o processo se trata de um aglutinante líquido injetado em camadas de materiais em pó, que são unidos seletivamente e, em seguida, se tornam densos.

O processo de impressão se inicia com a disposição dos modelos tridimensionais na câmara virtual de impressão, conforme sua capacidade e otimização de posicionamento (DI ANGELO; DI STEFANO; MARZOLA, 2017). Após a impressão, ocorre a remoção dos suportes, o lixamento das superfícies rugosas e a pintura e a impermeabilização, se aplicável.

O acabamento foi realizado utilizando lixas e micro-retífica da marca Dremel. As pinturas eram feitas utilizando duas camadas de tinta primer para aderência e alisamento da superfície e uma posterior pintura na coloração desejada.

Validação das peças com o usuário e utilização do recurso assistivo *in loco*

Em casos de não aprovação pelo usuário, as peças foram ajustadas ou redesenhadas quando possível; quando não, foram produzidas novas peças. Houve o acompanhamento de um ou mais membros da equipe durante a utilização das peças e, nesse momento, os próprios membros da equipe e alunos sugeriram novas ideias sobre a possibilidade de produzir outros tipos de materiais didáticos, à medida que o conteúdo da aula era ministrado pelo professor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Serão apresentados os materiais didáticos e assistivos, de acordo com a ordem de priorização da matriz Eisenhower (FIGURA 3), assim como maiores informações sobre os recursos assistivos em suas descrições nesta seção.

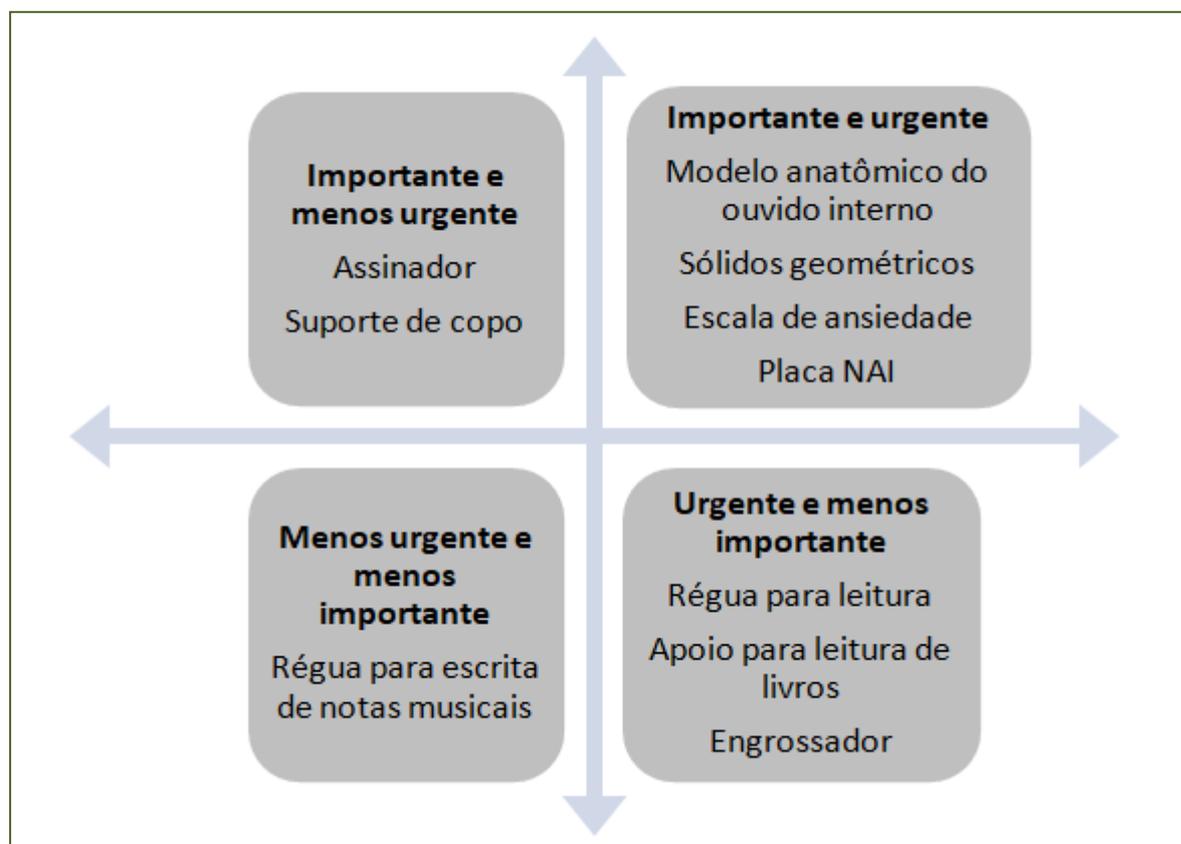


Figura 3 - Distribuição das demandas no diagrama de Eisenhower.

Fonte: elaborada pelos autores.

Legenda: Matriz dividida quanto à importância e à urgência. No primeiro quadrante, em importante e menos urgente, estão o assinador e o suporte para copo; no segundo quadrante, em importante e urgente, estão o modelo anatômico do ouvido interno, os sólidos geométricos, a escala de ansiedade e a placa NAI; no terceiro quadrante, em menos importante e menos urgente, está a régua para escrita de notas musicais; e no quarto quadrante, em menos importante e urgente, estão a régua para leitura, o apoio para leitura de livros e o engrossador.

Primeiramente, foram produzidos materiais didáticos e assistivos que atendessem a demanda de alunos para serem utilizados durante o semestre letivo. Por esse motivo, o modelo anatômico do ouvido interno e os sólidos geométricos foram priorizados como urgentes e importantes. A placa do Núcleo de Acessibilidade e Inclusão (NAI/UFMG) foi priorizada devido às queixas de alunos cegos e surdocegos sobre a dificuldade de encontrar a porta de acesso ao local, sendo frequente que entrassem em locais como salas de aula, gerando constrangimento e interrupções das aulas.

O assinador e o suporte de copo foram classificados como importantes e menos urgentes pelo fato de os demandantes já possuíam tais objetos que, entretanto, não os atendiam plenamente e necessitavam de uma reformulação, de acordo com as particularidades dos alunos.

Os recursos assistivos amplamente utilizados por diversas pessoas com deficiência por serem muito conhecidos e geralmente recomendados por terapeutas ocupacionais e fisioterapeutas são a régua para leitura, o apoio para leitura de livros e os engrossadores de lápis e canetas. Nesse caso, foram classificados como urgentes e menos importantes, pois não houve um demandante específico.

A régua para a escrita de notas musicais não foi demandada e trata-se de uma invenção de um dos autores do presente estudo. Por esse motivo, foi classificada como menos urgente e menos importante. A régua foi impressa e disponibilizada para o NAI/UFMG e para a Escola de Música da Universidade Federal de Minas Gerais para ampla utilização.

Modelo anatômico do ouvido interno

A peça anatômica com as estruturas do ouvido interno (FIGURA 4) foi demandada por uma aluna com deficiência visual de um dos cursos da área da saúde da Universidade para a disciplina de Anatomia Humana. As peças anatômicas disponíveis no laboratório de anatomia não permitiam a palpação de detalhes que a aluna identificou em seu atlas de anatomia.



Figura 4 - Modelo anatômico do ouvido interno.

Fonte: elaborada pelos autores.

Legenda: Peça impressa em 3D de um modelo anatômico do ouvido interno.

A equipe analisou o detalhamento dessas estruturas e o desenho da peça foi aprovado pela estudante. A partir do momento em que a peça ficou pronta, a aluna descreveu facilmente todas as partes que desejava identificar. Além disso, essa peça foi utilizada e aprovada por todos os demais alunos de sua turma. A professora, inclusive, solicitou a permanência da

peça no laboratório para que todos os alunos que frequentassem o laboratório pudessem utilizar a peça tátil, pois não foi encontrado no mercado um modelo anatômico com tal nível de detalhamento.

Segundo a literatura, os modelos táteis auxiliam na compreensão dos alunos com deficiências, principalmente visuais. Em seu estudo, Nakasone (2018) apresentou um modelo de célula com organelas celulares que auxiliaram no aprendizado de alunos cegos durante aulas de biologia do ensino técnico. Pagano e Martins (2014) apresentaram um mapa do Brasil feito por manufatura aditiva em alto relevo com diferenciação de cores e texturas a partir de uma entrevista exploratória com uma professora cega. Em trabalho semelhante, Vantorini, Silva e Rocha (2015) desenvolveram materiais de cartografia tátil. Similarmente, Ferreira e Ferreira da Silva (2014) e Gual, Puyuelo e Lloveras (2015) desenvolveram matrizes táteis em texturas variadas.

Segundo Mendonça *et al.* (2021), as ferramentas táteis, em especial de modelos anatômicos impressos em 3D, foram importantes para auxiliar estudantes com e sem deficiências visuais a identificar estruturas anatômicas complexas e de difícil percepção através da palpação das peças. Esta foi uma mudança curricular essencial para a criação de um ambiente inclusivo e para o sucesso do processo de ensino-aprendizagem desses alunos (DINIZ; SITA, 2019).

Sólidos geométricos

Os sólidos geométricos são popularmente utilizados para o ensino de geometria nas escolas. Cubos, esferas, cilindros e pirâmides são encontrados no mercado. Entretanto, não foram encontrados sólidos geométricos para o ensino do terceiro grau de disciplinas de exatas. No caso, para o ensino do assunto cônicas da disciplina Geometria Analítica e Álgebra Linear, ministrada em todos os ciclos básicos do curso de exatas, a demanda foi advinda de um aluno com autismo do curso de Engenharia Mecânica. O aluno relatou sua dificuldade em visualizar tridimensionalmente o conteúdo ministrado, principalmente no que se refere à diferença entre uma esfera e uma elipse.

Inicialmente foram desenvolvidas uma esfera e uma elipse, cuidadosamente calculada para que se pudesse verificar com a régua a distância exata entre os focos da elipse e os diâmetros da elipse e da esfera. O aluno compreendeu plenamente essa diferença e conseguiu visualizar a elipse em um espaço tridimensional, ou seja, em um gráfico com eixos x , y e z . Tal aprendizado abriu portas para que ele desenvolvesse seu raciocínio espacial tridimensional.



Figura 5 - Sólidos Geométricos.

Fonte: elaborada pelos autores.

Legenda: Sólidos geométricos impressos em 3D.

Como se pode verificar na Figura 5, o desenvolvimento dos sólidos geométricos não se limitou à esfera e à elipse. Um professor do departamento de ciência exatas, ao saber da existência desses sólidos, contactou a equipe e solicitou o desenvolvimento de um cone, uma pirâmide e um cilindro para que uma aluna cega pudesse diferenciar essas figuras que aprendeu no segundo grau de outras figuras mais complexas, no caso, diferenciar uma pirâmide triangular de uma pirâmide hexagonal. Após reunião entre os membros da equipe, foi decidido, inclusive, imprimir um dodecaedro, de doze faces hexagonais, e um icosaedro, de vinte faces triangulares, para disponibilizar para essa aluna e demais alunos do departamento. Além disso, foi impressa uma régua com números em Braille e em alto relevo para auxiliá-la.

Na busca de ferramentas de inclusão para um aluno com deficiência visual no ensino técnico dos cursos de mecânica e mecatrônica, Nakasone (2018) também apresentou dispositivos feitos em impressora 3D para disciplinas técnicas que envolvessem metrologia, desenho técnico, elementos de máquinas, ciclos térmicos e pneumática. Estes objetos incluem régua com informações em alto relevo, paquímetro, figuras geométricas, simbologias de componentes pneumáticos, elementos de máquinas e um sistema de funcionamento de um motor à combustão. Desta forma, foi possível que o aluno aprendesse os conteúdos ministrados nas disciplinas, pois a percepção tátil facilitou o acesso à informação em detrimento da percepção visual, assim como ocorreu com os sólidos geométricos.

Semelhantemente, um professor de física (AGUIAR, 2016) desenvolveu um modelo de ímã em forma de ferradura, visando o ensino de eletromagnetismo para pessoas com deficiências visuais. Neste modelo de ímã, houve a substituição das letras que identificam os

polos por células em Braille e foram colocados traços de diferentes tamanhos entre os polos para representar as linhas de campo. Geralmente, o ensino desse conteúdo envolve o sentido da visão para a visualização da disposição das limalhas de ferro, não sendo possível perceber tatilmente as limalhas de ferro posicionadas de acordo com o campo magnético. Com o modelo 3D, a compreensão deste conteúdo tornou-se possível. Esses achados corroboram com o estudo de Zhang *et al.* (2012), que sugerem que a representação visual dos sólidos geométricos contribui para a melhoria do desempenho dos alunos no que tange à resolução de problemas relacionados à geometria, tornando a compreensão palpável.

Escala de ansiedade

A escala de ansiedade se refere a peças com feições de felicidade, indiferença e tristeza. Tal demanda surgiu a partir do atendimento de casos de ansiedade em pessoas com deficiência visual no departamento de Odontologia da Universidade. Esta escala vem sendo utilizada para que pacientes cegos expressem seus sentimentos antes da intervenção odontológica.

Esta demanda adveio do Departamento de Odontologia da Universidade, e as peças (FIGURA 6) serviram de base para o desenvolvimento da dissertação de Teles (2020). O objetivo foi confeccionar e validar a escala tátil B-RMS-TS para mensurar a ansiedade odontológica em crianças e adolescentes com deficiência visual. No estudo, é documentada a frequente ansiedade de crianças e adolescentes cegos antes e durante o tratamento odontológico. Por isso, a escala propõe detectar o nível de ansiedade para que medidas de acolhimento sejam tomadas antes da sessão de tratamento.

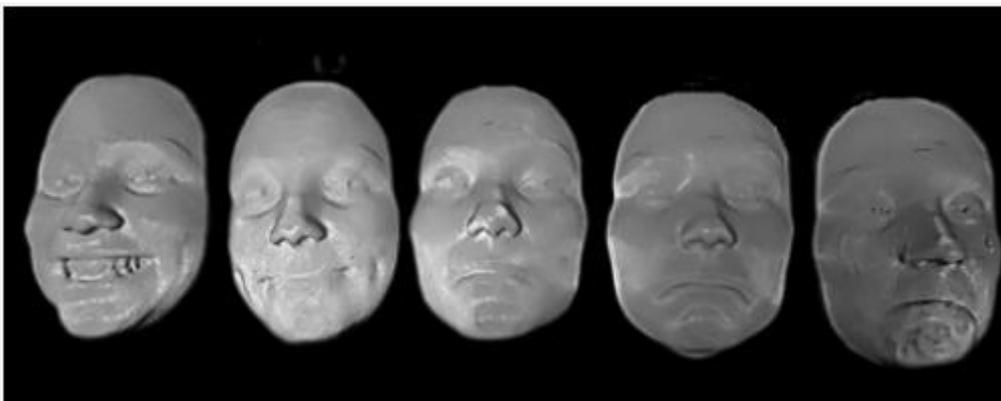


Figura 6 - Escala de ansiedade.

Fonte: elaborada pelos autores.

Legenda: Cinco rostos humanos impressos em 3D que graduam na escala de ansiedade entre as expressões de não ansioso, ansioso, ligeiramente ansioso, muito ansioso e extremamente ansioso.

As peças foram feitas pela técnica de modelagem 3D do rosto de uma voluntária da equipe. A voluntária fez as feições de não ansioso, ansioso, ligeiramente ansioso, muito ansioso e extremamente ansioso (SHETTY; GADEKAR, 2018), enquanto outro membro da equipe escaneava seu rosto com o aparelho Shining 3D EinScan-Pro+. A partir do escaneamento tridimensional, a imagem foi tratada no software Meshmixer para ser impressa, conforme Figura 7.

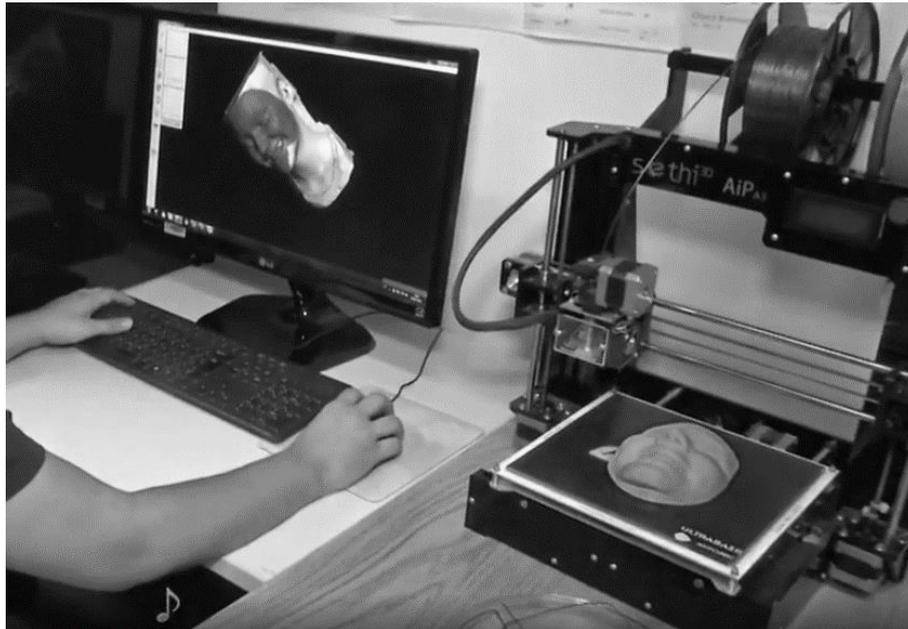


Figura 7 - Demonstração de uma imagem obtida por modelagem 3D e a peça impressa.

Fonte: elaborada pelos autores.

Legenda: Membro do projeto sentado à frente de um computador. Na tela do computador, tem-se um rosto humano projetado no software e sendo impresso ao lado, em uma impressora 3D.

De modo semelhante, modelos de face na forma de bustos foram desenvolvidos em um espaço cultural no Chile com o objetivo de estimular a percepção artística. O museu é frequentado por pessoas com deficiência, mas pessoas sem deficiência também contemplam tais obras, principalmente idosos (CARDOSO *et al.*, 2014). Segundo a literatura, as placas táteis são ferramentas auxiliares para pessoas com e sem deficiências por permitirem que o objeto apresentado seja facilmente reconhecido através do toque (HOLLOWAY; MARRIOTT; BUTLER, 2018), pois a impressão 3D reproduz a altura relativa e os detalhes característicos dos elementos, reduzindo a carga cognitiva necessária para entender o que está sendo representado (BUONAMICI *et al.*, 2015). Nesse contexto, percebe-se que, da mesma forma que uma rampa pode ser usada universalmente, peças como a escala de ansiedade e os objetos artísticos de museus também podem ser usadas por todos, devido a suas características representacionais.

Placa NAI/UFMG

A partir da queixa de muitos frequentadores com deficiência visual e com surdocegueira acerca da dificuldade em localizar a porta do Núcleo de Acessibilidade e Inclusão da Universidade Federal de Minas Gerais (NAI/UFMG), os membros da equipe do NAI demandaram uma placa em alto relevo e com escrita em Braille. Seu dimensionamento e posicionamento no local foram baseados nas especificações da norma NBR 9050, uma norma brasileira que trata da acessibilidade em edificações, mobiliários, espaços e equipamentos urbanos (ABNT, 2015).



Figura 8 - Placa NAI-UFMG.

Fonte: elaborada pelos autores.

Legenda: Peça impressa em 3D da placa da sala do NAI/UFMG, seguindo as normas da ABNT que contém alto relevo e os símbolos em Braille.

A placa (FIGURA 8) foi posteriormente pintada em roxo e amarelo, cores de alto contraste, mas para efeitos de destaque do relevo na imagem, está aqui representada a placa na cor branca. Foi sugerido por vários transeuntes a confecção de placas como essa para todas as portas da universidade. Entretanto, para a produção nessa escala, é recomendável a confecção industrial, pelo fato de o campus universitário possuir uma grande quantidade de salas e portas, ou seja, a confecção em grande quantidade utilizando filamentos de impressora 3D seria mais demorada e apresentaria maior custo.

Visando também a acessibilidade em espaços, Oliveira (2008) apresentou uma maquete tátil do layout dos pavimentos da Biblioteca Central da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Outro exemplo ocorreu no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul), em que alunos e professores desenvolveram placas em Braille, partindo de um modelo impresso em 3D, com o intuito de tornar a instituição mais acessível (AGUIRRE; CALCAGNO; BARBA JÚNIOR, 2020). Desta forma, a orientação espacial de pessoas com deficiências visuais que frequentam o local foi facilitada de forma significativa, visto que as sinalizações em Braille são muito importantes para a inclusão destas pessoas já que auxiliam na circulação pelos estabelecimentos onde se encontram (GIRAUD, 2017).

Assinador

O assinador consiste em uma régua que permite o posicionamento correto no campo assinatura de um documento ou formulário. Foi demandado por um aluno que já possuía este objeto feito em material metálico, mas que, exatamente por ser constituído por esse material, deslizava na superfície do papel durante o uso, o que prejudicava a assinatura. Além disso, suas dimensões não permitiam o armazenamento do objeto no bolso.

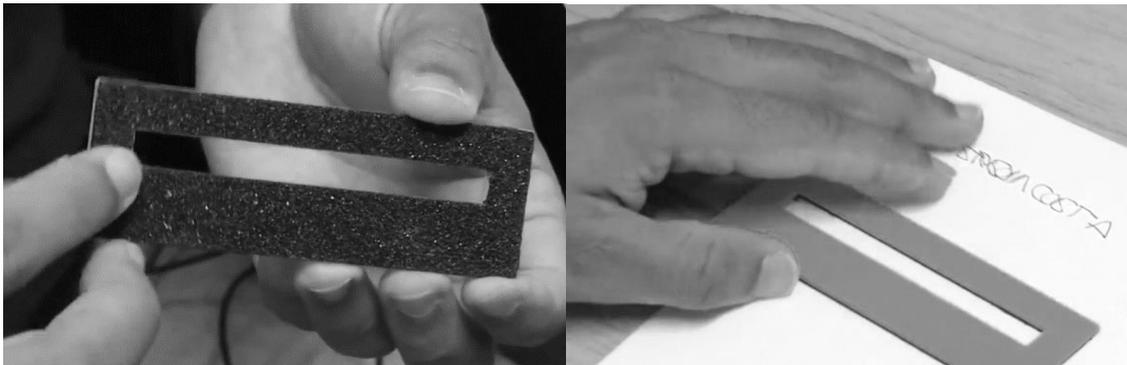


Figura 9 - Assinador.

Fonte: elaborada pelos autores.

Legenda: Na primeira foto, aluno cego sentindo a textura antiderrapante do assinador. Na segunda foto, aluno cego utilizando o assinador para assinar o seu nome.

Conforme a Figura 9, o assinador foi redimensionado para um tamanho de bolso e sua superfície inferior foi recoberta por um material antiderrapante, atendendo as necessidades do usuário. Também foi pensada a resistência do material, considerando a escolha do filamento associado à maior densidade de impressão para evitar que o objeto ficasse quebradiço ao sofrer alguma deformação ou queda. O assinador promove a autonomia de pessoas com deficiência visual, tendo em vista que a assinatura do nome, principalmente em documentos oficiais, oferece sentimentos de responsabilidade e dignidade, além de garantir o exercício da cidadania (ALENCAR, 2019).

Suporte de copo

Nos restaurantes universitários da Universidade Federal de Minas Gerais é utilizado um copo padrão que não possui alças e pode se tornar escorregadio quando úmido. Portanto, se um frequentador do restaurante apresentar qualquer tipo de limitação em uma ou ambas as mãos ou na motricidade do membro superior, haverá dificuldade na utilização do copo. Tais casos ocorrem frequentemente no restaurante com pessoas com braço ou mão engessada, indivíduos com espasticidade ou hipotrofia nos membros superiores e Parkinson. De acordo com a Figura 10, foi desenvolvida uma solução acessível: o copo do restaurante foi

encaixado em uma estrutura de alça dupla que permite a sua utilização com maior segurança.



Figura 10 - Suporte de copo.

Fonte: elaborada pelos autores.

Legenda: Na primeira foto, copo adaptado com alças. Na segunda foto, aluno com limitações motoras, utilizando o copo adaptado.

Serão disponibilizados vinte copos adaptados para cada restaurante setorial que estarão disponíveis em local acessível, inclusive para usuários de cadeiras de rodas. Desta forma, indivíduos com deficiências transitórias ou permanentes poderão utilizar esse recurso assistivo. Segundo Hohmann e Cassapian (2011), os dispositivos de tecnologia assistiva são indicados com o intuito de promover a independência na realização de suas atividades diárias, como a alimentação e a ingestão de líquidos, favorecidas aqui pela utilização do copo adaptado.

Nessa perspectiva, em um estudo de Froboese da Silva *et al.* (2020), foram desenvolvidas colheres adaptadas em impressora 3D para alunos com paralisia cerebral em uma Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE). Foi avaliado que os alunos conseguiram se alimentar de forma independente e com menor dificuldade, além de as peças apresentarem boa resistência, bom acabamento e estabilidade à preensão, endossando a hipótese de que tecnologias assistivas personalizadas feitas em impressora 3D possuem um potencial transformador na vida de alunos com deficiência em ambiente escolar ou universitário.

Régua para leitura

A régua para leitura (FIGURA 11) é mais indicada para indivíduos que possuem visão subnormal e necessitam focar a visão na linha de leitura do texto. Além disso, pessoas com dificuldades de leitura e aprendizado, como dislexia ou Síndrome de Irlen – fotossensibilidade devido à incidência de luz no papel –, também podem ser beneficiadas por essa régua.

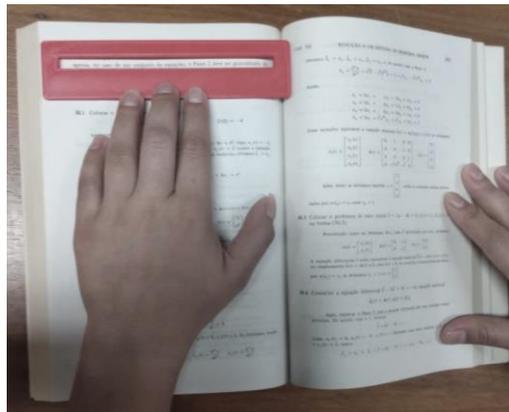


Figura 11 - Régua para leitura de textos.

Fonte: elaborada pelos autores.

Legenda: Aluno com dislexia utilizando régua para leitura de um livro acadêmico.

Nessa perspectiva, Watson e Wallace (2021) realizaram um estudo cujos resultados indicaram que a régua facilita a leitura, uma vez que amplia o foco no texto, reduz a fadiga e aumenta a velocidade da leitura quando comparada à leitura tradicional. Além disso, os autores afirmaram que todos os participantes, com e sem deficiências, se beneficiaram ao usar uma régua de leitura, o que indica para a importância de produtos desenvolvidos com base em um design universal para o acesso democrático à informação.

Apoio para a leitura de livros

O apoio para leitura de livros pode ser utilizado durante a leitura de livros do tipo brochura que se fecham com facilidade caso não seja mantida a sua abertura. Este apoio ajuda pessoas com deficiência e sem deficiência a manter o livro aberto sem danificar a lombada, facilitando a leitura, conforme Figura 12.

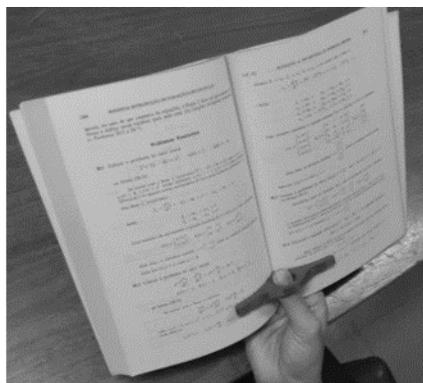


Figura 12 - Apoio para leitura de livros do tipo brochura.

Fonte: elaborada pelos autores.

Legenda: Aluno utilizando apoio para leitura de um livro acadêmico.

O apoio para leitura de livros é uma ferramenta fundamental para reduzir a força imposta sobre os livros durante a leitura, uma vez que reduz o desgaste sobre as articulações dos dedos, além de permitir segurar o livro com independência, mesmo com limitações de força ou ausência de um dos membros.

Engrossador

O engrossador é comumente utilizado em talheres, lápis e canetas para facilitar a preensão desses objetos e otimizar a coordenação motora. No caso, os estudantes de terapia ocupacional que compunham a equipe entrevistaram pessoas que utilizam engrossadores para responderem se esses objetos eram confortáveis e se havia algum detalhe que pudesse ser melhorado. Ao analisar as respostas obtidas, verificou-se que engrossadores cilíndricos são aplicáveis para talheres, entretanto, não são bons para a escrita. Por esse motivo, foi desenvolvido o engrossador da Figura 13 com formato triangular, uma forma mais ergonômica para a escrita. Corroborando com essa análise, em um estudo de Buehler, Kane e Hurst (2014) foi desenvolvido um sistema de aderência de caneta para indivíduos com capacidade motora limitada para escrever ou utilizar um iPad, o que também contribuiu para a realização da atividade com maior independência.

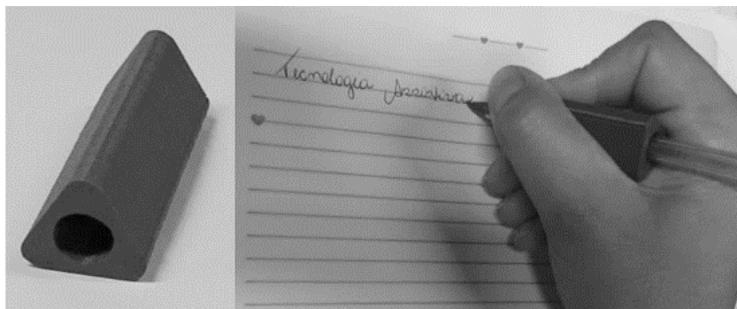


Figura 13 - Engrossador de lápis e canetas.

Fonte: elaborada pelos autores.

Legenda: Na primeira foto, engrossador impresso em 3D. Na segunda foto, aluno utilizando o engrossador para escrever.

A aquisição dessas peças ocorrerá via NAI/UFMG mediante empréstimo, com registro das datas de entrega e previsão de devolução. Essas peças são aplicáveis principalmente para a escrita, sendo indicadas para indivíduos que possuem algum tipo de restrição no punho e adversidades na coordenação motora que causem dificuldade ou impossibilidade de segurar objetos de dimensões reduzidas. Assim, os engrossadores garantem o posicionamento adequado dos dedos.

Régua para a escrita de notas musicais

A régua para a escrita de notas musicais encontra-se em fase de validação que será feita por alunos da Escola de Música da Universidade Federal de Minas Gerais. Devido à atual pandemia de covid-19, houve interrupção das atividades na Universidade. Quando as atividades forem retomadas com segurança, régua com as características da Figura 14 serão impressas e distribuídas para alunos, que a utilizarão por um período, e, posteriormente, serão coletadas sugestões para aperfeiçoamentos.

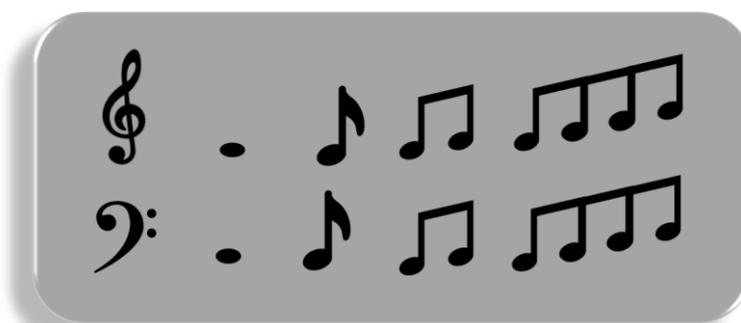


Figura 14 - Régua para escrita de notas musicais.

Fonte: elaborada pelos autores.

Legenda: Imagem de uma régua para escrita de notas musicais, com dez notas.

A viabilidade desse projeto se deve ao fato de a impressora 3D permitir a materialização de ideias, um passo muito importante para a posterior validação. O contexto dos músicos possui diversas particularidades, inclusive no que se refere à escrita de notações musicais. Por esse motivo, obter maiores informações sobre como será o produto final dessa régua será de extrema importância e contribuição, não apenas para alunos de música que possuem alguma deficiência nos membros superiores, o que leva a alguma dificuldade em desenhar estas notas no pentagrama musical, mas para auxiliar a escrita musical de alunos de música sem deficiência.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um processo de ensino-aprendizagem inclusivo abrange as particularidades e as necessidades de cada aluno, considerando que cada indivíduo possui sua forma de aprender. Portanto, pode-se pensar na inclusão de maneira mais abrangente, visando o desenvolvimento de materiais que não apenas atendam os alunos com deficiência, mas que sejam utilizados por todos os estudantes.

Apesar de o objetivo ser, a princípio, desenvolver recursos assistivos em impressora 3D para alunos com deficiência da Universidade, foi observado que muitos materiais foram

amplamente utilizados por alunos com e sem deficiência. Tal interação entre os alunos comprovou a inclusão na prática, pois os materiais não ficaram separados para o aluno com deficiência, e todos usufruíram e elogiaram a aplicação dos materiais. Desta forma, os alunos com deficiência não se sentiram diferentes, mas inseridos naquele contexto de descoberta e interação junto com os colegas.

Portanto, o desenvolvimento de recursos didáticos em impressora 3D, por permitir a confecção de materiais personalizados e de baixo custo, mostrou-se eficaz na promoção da inclusão das pessoas com deficiência no contexto educacional, além de ter sido uma ponte entre pessoas com deficiência e pessoas sem deficiência, proporcionando maior convívio com a diversidade e desenvolvimento da empatia e do respeito mútuos, uma vez que houve maior integração social concomitante ao desenvolvimento das habilidades intelectuais e sociais. Esse fluxo de trabalho pode levar ao aprimoramento dos recursos de tecnologia assistiva utilizados no contexto educacional, bem como pode se tornar uma opção rápida, eficaz e acessível para pessoas com e sem deficiência.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. 3. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO/ASTM 5290: Manufatura aditiva. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

AGUIAR, Leonardo de Conti Dias. Um processo para utilizar a tecnologia de impressão 3D na construção de instrumentos didáticos para o ensino de ciências. 2016. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Universidade do Estado de São Paulo, Bauru, 2016.

AGUIRRE, Hárrisson da Rosa; CALCAGNO, Carmen Iara Walter; BARBA JÚNIOR, Durval João de. Desenvolvimento de moldes para produzir placas em Braille. *Brazilian Applied Science Review*, v. 4, n. 6, p. 3823-3836, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34115/basrv4n6-041>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BASR/article/view/21444>. Acesso em: 01 dez. 2022.

ALENCAR, Lídia Costa de. A política de educação especial/inclusiva nas escolas públicas de ensino médio do Distrito Federal na perspectiva dos estudantes com deficiência visual. 2019. Dissertação (Mestrado em Direitos Humanos e Cidadania) – Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

ALVES, Ana Cristina Jesus; EMMEL, Maria Luisa Guillaumom; MATSUKURA, Thelma Simões. Formação e prática do terapeuta ocupacional que utiliza tecnologia assistiva como recurso terapêutico. *Revista de Terapia Ocupacional da Universidade de São Paulo*, São Paulo, v. 23,

n. 1, p. 24-33, 2012. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2238-6149.v23i1p24-33>. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rto/article/view/46909>. Acesso em: 01 dez. 2022.

BATRA, Panchali. Eisenhower box for prioritising waiting list of orthodontic patients. *Oral Health and Dental Management*, v. 16, n. 1, p. 1-3, fev. 2017. Disponível em: <https://www.oralhealth.ro/volumes/2017/volume-1/Paper952.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2022.

BUEHLER, Erin; KANE, Shaun K.; HURST, Amy. ABC and 3D: opportunities and obstacles to 3D printing in special education environments. In: Proceedings of the 16th International ACM SIGACCESS Conference on Computers & Accessibility, 16., 2014, Rochester. *Proceedings [...]*. New York: ACM, 2014. p. 107-114.

BUONAMICI, Francesco *et al.* Are we ready to build a system for assisting blind people in tactile exploration of bas-reliefs? *Sensors*, v. 16, n. 9, p. 1361, ago. 2016. DOI: <https://doi.org/10.3390/s16091361>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/16/9/1361>. Acesso em: 01 dez. 2022.

CAMARGO, Eder Pires de. Inclusão social, educação inclusiva e educação especial: enlaces e desenlaces. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 23, n. 1, p. 1-6, jan./mar. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1516-731320170010001>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/HN3hD6w466F9LdcZqHhMmVq/?lang=pt>. Acesso em: 01 dez. 2022.

CARDOSO, Eduardo *et al.* Tecnologias tridimensionais para acessibilidade em museus. *Blucher Design Proceedings*, v. 1, n. 7, p. 444-448, dez. 2014. DOI: <https://doi.org/10.5151/despro-sigradi2013-0085>. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/14171>. Acesso em: 01 dez. 2022.

DI ANGELO, L.; DI STEFANO, P.; MARZOLA, A. Surface quality prediction in FDM additive manufacturing. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 93, p. 3655-3662, jul. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0763-6>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-017-0763-6>. Acesso em: 01 dez. 2022.

DINIZ, Giovanna B.; SITA, Luciane V. Development of low-cost tactile neuroanatomy learning tools for students with visual-impairment. *Journal of Undergraduate Neuroscience Education*, v. 17, n. 2, p. A153, jun. 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6650262/>. Acesso em: 01 dez. 2022.

FERREIRA, Maria Engracinda dos Santos; FERREIRA DA SILVA, Luiz Felipe Coutinho. A aplicação das tecnologias de prototipagem rápida na confecção de matrizes táteis. *Boletim de Ciências Geodésicas*, v. 20, n. 2, p. 411-426, jun. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1982-21702014000200024>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bcg/a/qypBWPBXVGsL6gspQYdHpYB/?lang=pt>. Acesso em: 01 dez. 2022.

FROBOESE DA SILVA, Eloar *et al.* Impressão 3D aplicada à tecnologia assistiva. *Revista Destaques Acadêmicos*, v. 12, n. 4, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.22410/issn.2176-3070.v12i4a2020.2657>. Disponível em: <http://univates.br/revistas/index.php/destaques/article/view/2657>. Acesso em: 01 dez. 2022.

GIRAUD, Stéphanie *et al.* Map learning with a 3D printed interactive small-scale model: improvement of space and text memorization in visually impaired students. *Frontiers in psychology*, v. 8, p. 930, jun. 2017. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00930>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2017.00930/full>. Acesso em: 01 dez. 2022.

GUAL, Jaume; PUYUELO, Marina; LLOVERAS, Joaquim. The effect of volumetric (3D) tactile symbols within inclusive tactile maps. *Applied Ergonomics*, v. 48, p. 1-10, maio 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2014.10.018>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003687014002142?via%3Dihub>. Acesso em: 01 dez. 2022.

HOHMANN, Paloma; CASSAPIAN, Marina Redekop. Adaptações de baixo custo: uma revisão de literatura da utilização por terapeutas ocupacionais brasileiros. *Revista de Terapia Ocupacional da Universidade de São Paulo*, v. 22, n. 1, p. 10-18, 2011. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2238-6149.v22i1p10-18>. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rto/article/view/14115>. Acesso em: 01 dez. 2022.

HOLLOWAY, Leona; MARRIOTT, Kim; BUTLER, Matthew. Accessible maps for the blind: Comparing 3D printed models with tactile graphics. *In: Conference on Human Factors in Computing Systems, 2018, Montreal. Proceedings [...]* New York: ACM, 2018. p. 1-13.

LÁRUSDÓTTIR, Marta; CAJANDER, Åsa; GULLIKSEN, Jan. Informal feedback rather than performance measurements—user-centred evaluation in Scrum projects. *Behaviour & Information Technology*, v. 33, n. 11, p. 1118-1135, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1080/0144929X.2013.857430>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0144929X.2013.857430>. Acesso em: 01 dez. 2022.

MENDONÇA, Carolina Rodrigues *et al.* Human anatomy: Teaching-learning experience of a support teacher and a student with low vision and blindness. *Anatomical sciences education*, v. 14, n. 5, p. 682-692, fev. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/ase.2058>. Disponível em: <https://anatomypubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ase.2058>. Acesso em: 01 dez. 2022.

MOSTAFAEI, Amir *et al.* Binder jet 3D printing — Process parameters, materials, properties, 3D modelling, and challenges. *Progress in Materials Science*, v. 119, p. 100707, jun. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2020.100707>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079642520300712?via%3Dihub>. Acesso em: 01 dez. 2022.

MUSANTE, Kathleen; DEWALT, Billie R. *Participant observation: a guide for fieldworkers*. Rowman: Altamira, 2010.

NAKASONE, Fabio Kiei. Manufatura aditiva como ferramenta inclusiva no ensino técnico. In: Congresso Internacional de Educação e Tecnologias – Encontro de Pesquisadores em Educação à Distância, 2018, São Carlos. São Carlos: CIET: EnPED, 2018.

OLIVEIRA, Marcelo Fernandes de. *Aplicações da prototipagem rápida em projetos de pesquisa/ applications of rapid prototyping in research projects*. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

PAGANO, Sophia Mundim; MARTINS, Rosane Fonseca de Freitas. Imagem tátil tridimensional para o acesso de crianças cegas congênitas ao potencial comunicativo de imagens gráficas. *Benjamin Constant*, v. 2, n. 57, 2014. Disponível em: <http://revista.ibc.gov.br/index.php/BC/article/view/363>. Acesso em: 01 dez. 2022.

SHEREMETIEFF JUNIOR, Alexandre; GONÇALVES, Afrânio A. G. Uma introdução às tecnologias de manufatura aditiva em acordo com a ABNT NBR ISO/ASTM 52900:2018. *Revista de Engenharia da Universidade Católica de Petrópolis*, Petrópolis, v. 14, n. 2, p. 81-91, 2020. Disponível em: <https://seer.ucp.br/seer/index.php/REVCEC/article/view/2035>. Acesso em: 01 dez. 2022.

SHETTY, Raghavendra M.; GADEKAR, Trisha R. RMS tactile scale: an innovative tactile anxiety scale for visually impaired children. *Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, v. 36, n. 1, p. 76-81, jan./mar. 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29607844/>. Acesso em: 01 dez. 2022.

SUTHERLAND, Jeff. *SCRUM: a arte de fazer o dobro de trabalho na metade do tempo*. São Paulo: Leya, 2014.

TELES, Lucas Rodrigues. *Validação da escala tátil B RMS TS destinada a crianças e adolescentes brasileiros com deficiência visual*. 2020. Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.

VENTORINI, Silva Elena; SILVA, Patrícia Assis da; ROCHA, Gisa Fernanda Siega. Cartografia tátil e a elaboração de material didático para alunos cegos. *Geographia Meridionalis*, v. 1, n. 2, p. 268-290, 2015. DOI: <https://doi.org/10.15210/gm.v1i2.6330>. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/Geographis/article/view/6330>. Acesso em: 01 dez. 2022.

WATSON, Aleena; WALLACE, Shaun. Improving reading outcomes using digital reading rulers for readers with & without dyslexia. *Journal of Vision*, v. 21, n. 9, p. 2650-2650, set. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1167/jov.21.9.2650>. Disponível em: <https://jov.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2777804>. Acesso em: 01 dez. 2022.

WONG, Kaufui; HERNANDEZ, Aldo. A review of additive manufacturing. *International Scholarly Research Network Mechanical Engineering*, v. 2012, n. 4, p. 1-10, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5402/2012/208760>. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/isrn/2012/208760/>. Acesso em: 01 dez. 2022.

WONJIN, Jo *et al.* Introduction of 3D printing technology in the classroom for visually impaired students. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, v. 110, n. 2, p. 115-121, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1177/0145482X1611000205>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0145482X1611000205>. Acesso em: 01 dez. 2022.

ZHANG, Dake *et al.* The effect of visual-chunking-representation accommodation on geometry testing for students with math disabilities. *Learning Disabilities Research & Practice*, v. 27, n. 4, p. 167-177, nov. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1540-5826.2012.00364.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1540-5826.2012.00364.x>. Acesso em: 01 dez. 2022.

Taciana Ramos Luz

Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica do Laboratório de Bioengenharia (LabBio) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Pós-graduanda em Engenharia Mecânica e Engenharia de Software pela Unicesumar. Mestre em Engenharia de Produção pelo Laboratório Integrado de Produção e Saúde (LIPES) da UFMG (2012). Graduada em Fisioterapia, também pela UFMG (2009).

tacianaluz@gmail.com

Rudolf Huebner

Professor associado do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Mestre e doutor em Engenharia Mecânica pela UFMG. Graduado em Engenharia Mecânica, também pela UFMG.

rudolf@demec.ufmg.br

Gabriel Vieira Silva

Acadêmico do curso de Engenharia Mecânica na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Pesquisador voluntário em projetos de acessibilidade no Laboratório de Bioengenharia da UFMG (LabBio/UFMG).

gabrielvs_bh@hotmail.com

Natália Lara Mota Maia

Acadêmica do curso de Terapia Ocupacional na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Participa de projetos na área de tecnologia assistiva e inclusão social, no Laboratório PARAMEC e no Laboratório de Bioengenharia (LabBio), ambos vinculados à UFMG.

natalia.laramm@gmail.com

Álvaro França

Engenheiro Mecânico pela Universidade Federal de Minas Gerais. Pesquisador voluntário em projetos de acessibilidade no Laboratório de Bioengenharia da UFMG (LabBio/UFMG).

alvaro.franca.ufmg@gmail.com

Crislaine Gomes Arrais

Acadêmica do curso de Terapia Ocupacional na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Pesquisadora voluntária em projetos de acessibilidade no Laboratório de Bioengenharia da UFMG (LabBio/UFMG).

crislaine_e_arrais@hotmail.com