

Fabricação digital e tecnologia assistiva: soluções inovadoras para a inclusão de pessoas com deficiência visual

Reis, Lucas Santos^{*1}; Batista, Mariane de Jesus²; Galvão, Nelma de Cássia Silva Sandes³; Santos, Leandro Brito⁴; De Souza, Nilmar⁵

1 – Brailista, UFRB, lucasreis@ufrb.edu.br

2 – Graduanda em Engenharia de Tecnologia Assistiva e Acessibilidade, UFRB, marianebatista@aluno.ufrb.edu.br

3 – Professora Associada, UFRB, nelma.galvao@ufrb.edu.br

4 – Professor Adjunto, UFRB, lbsantos@ufrb.edu.br

5 – Professor Adjunto, UFRB, nilmar@ufrb.edu.br

* -Correspondência: Rua General Mendes Pereira, 339, Ponto Central, Feira de Santana, Bahia, Brasil, 44075-355.

DOI 10.52050/9788579177132-01

RESUMO

Este trabalho explora o uso da fabricação digital como ferramenta para o desenvolvimento de recursos de tecnologia assistiva voltados para pessoas com deficiência visual. Seu objetivo é apresentar soluções de tecnologias assistivas para pessoas com deficiência visual em situações de escrita e leitura. A metodologia utilizou manufatura aditiva e cortadoras a laser, com modelos digitais processados por softwares e materiais acessíveis. Resultados incluem o desenvolvimento de tiposcópios, guias de assinatura e régua de leitura, criados de forma personalizada. A fabricação digital é uma ferramenta poderosa para inclusão, permitindo prototipagem rápida, baixo custo e cocriação, gerando soluções eficazes.

Palavras-chave: tecnologia assistiva, cultura maker, fabricação digital.

ABSTRACT

This work explores the application of digital fabrication as a tool for developing assistive technology resources aimed at individuals with visual impairments. Its objective is to present assistive technology solutions for visually impaired people in reading and writing situations. The methodology utilized additive manufacturing and laser cutters, with digital models processed by specialized software and using accessible materials. Results include the development of personalized typiscopes,

signature guides, and reading rulers. Digital fabrication proves to be a powerful tool for inclusion, enabling rapid prototyping, low-cost production, and co-creation, ultimately generating effective solutions.

Keywords: assistive technology, maker culture, digital fabrication.

1. INTRODUÇÃO

A deficiência visual afeta aproximadamente 7 milhões de brasileiros, que relataram ter grande dificuldade ou a total impossibilidade de enxergar, conforme dados da Pesquisa Nacional de Saúde de 2019 (PNS 2019) (IBGE, 2021). Assim como outras pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida, esse grupo depende de recursos de tecnologia assistiva para realizar atividades cotidianas com maior independência e autonomia, permitindo a superação de barreiras e a promoção da inclusão social.

A Tecnologia Assistiva (TA) é definida como um conjunto de produtos, equipamentos, dispositivos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços voltados para a funcionalidade e participação da pessoa com deficiência ou mobilidade reduzida. Seu objetivo central é garantir autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (GALVÃO FILHO et al., 2009). Os recursos de TA, sejam fabricados em série ou sob medida, compreendem qualquer equipamento, componente, produto ou sistema projetado para ampliar, manter ou aprimorar as capacidades funcionais das pessoas com deficiência.

No contexto educacional, a utilização de recursos de TA contribuem no processo de ensino e aprendizagem de estudantes com deficiência. A Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva (BRASIL, 2008), embora não foque exclusivamente em equipamentos, orienta os sistemas de ensino a promoverem respostas às necessidades educacionais especiais, garantindo a acessibilidade, que inclui mobiliários e equipamentos adequados. O Programa Dinheiro Direto na Escola (PDDE) - Escola Acessível destina recursos financeiros diretamente às escolas públicas para promover a acessibilidade física, incluindo a compra de materiais e equipamentos de tecnologia assistiva. Nesse sentido, a fabricação digital entra como suporte a recursos de tecnologia assistiva, principalmente na produção personalizada para cada estudante. Para pessoas com deficiência visual, estes recursos são utilizados, especialmente para acessar informações que são predominantemente visuais no ensino (BRASIL, 2024).

Em alguns casos, recursos comercializados podem não atender totalmente às necessidades específicas, necessitando de adaptações. Nesse cenário, a Tecnologia Assistiva de Baixa Tecnologia (TABT) surge como uma alternativa viável. Essa estratégia busca desenvolver produtos similares aos industrializados,

mas com custos reduzidos e adaptados às especificidades individuais, utilizando materiais de baixo custo disponíveis (MORAES et al., 2024).

Um facilitador significativo na produção desses recursos especialmente em ambientes educacionais, é a Fabricação Digital e a Cultura Maker. O movimento maker e os equipamentos de fabricação digital permitem que qualquer pessoa materialize seus projetos. Essa abordagem possibilita a criação e fabricação de diversos produtos a custos reduzidos, de acordo com desejos e necessidades específicas. A fabricação digital é uma proposta para produzir e adaptar recursos de TA, tornando-a uma alternativa para incentivar a fabricação de recursos de baixo custo no contexto educacional (CORDEIRO, GUÉRIOS e PAZ, 2019).

A fabricação digital, ao possibilitar a prototipagem rápida e barata de diversas versões do mesmo produto, facilita esse processo de cocriação e teste com usuários reais. Dessa forma, a cultura maker e a fabricação digital se apresentam como ferramentas poderosas para tornar a educação e o mundo mais acessíveis e inclusivos para pessoas com deficiência visual, permitindo que informações e conceitos visuais sejam explorados de forma tátil e audível, e que barreiras do dia a dia sejam superadas com soluções personalizadas e de baixo custo (CORDEIRO, GUÉRIOS e PAZ, 2019).

Nesse sentido, esse relato técnico explora as possibilidades da fabricação digital, como uma aliada na resolução de problemas educacionais, por meio do desenvolvimento de recursos de tecnologia assistivas, transformando ideias em soluções reais. Com isso, nosso objetivo é apresentar as soluções de tecnologias assistivas para pessoas com deficiência visual em situações de escrita e leitura.

2. DESENVOLVIMENTO

Antes de iniciar o desenvolvimento dos produtos, é fundamental definir dois processos essenciais à fabricação digital: impressão 3D e corte a laser.

A impressão 3D é um método de manufatura aditiva que permite a criação de objetos físicos a partir de modelos digitais. No processo mais comum, o objeto é construído por meio da deposição sucessiva de camadas de material. Para viabilizar essa produção, é necessário um modelo tridimensional, que é convertido em linguagem de máquina (GCODE) por um software de fatiamento. Esse programa fragmenta o objeto em camadas e gera comandos que orientam os movimentos da impressora, além de definir parâmetros como temperatura e velocidade.

As cortadoras a laser são equipamentos de alta precisão que empregam um feixe de luz concentrado para cortar ou gravar materiais diversos, seguindo comandos numéricos baseados em um projeto digital. Esse processo computacionalmente controlado possibilita a criação de peças detalhadas e

com acabamento refinado, sendo amplamente utilizado em áreas como design, marcenaria, publicidade e artesanato. Sua versatilidade permite o trabalho com uma ampla gama de materiais, incluindo madeira, acrílico, papel, tecido, couro, metal e vidro.

Os laboratórios da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) contam com equipamentos avançados que auxiliam na fabricação digital de recursos de tecnologia assistiva. Entre as máquinas disponíveis, destacam-se as impressoras 3D: Creality CR10 V2, GTMAX CORE H4 e Creality K1, além das cortadoras a laser Visutec VS1390-SMART-130W e VS9060AL. Esses equipamentos são operados pelos discentes da universidade sob a supervisão de professores, engenheiros ou técnicos responsáveis.

Os materiais utilizados na confecção dos produtos incluem principalmente Ácido Polilático (PLA), um polímero termoplástico biodegradável, derivado de fontes renováveis como amido de milho e cana-de-açúcar; filamento ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno), um termoplástico amplamente utilizado na impressão 3D devido ao equilíbrio entre resistência, flexibilidade, alta durabilidade e resistência ao impacto e ao calor; folhas de acetato; e MDF (Medium Density Fiberboard), um material composto por fibras de madeira prensadas com resina sintética em alta temperatura e pressão.

Para o desenvolvimento digital dos recursos de tecnologia assistiva, foram utilizados softwares como *Fusion360* e *FreeCAD* para modelagem em impressão 3D, além de *CorelDRAW* e *Autolaser* para soluções em 2D. No contexto da manufatura aditiva, os projetos digitais são exportados em formato STL e convertidos para GCODE por meio de softwares de fatiamento como *UltimakerCura*, *OrcaSlicer* e *CrealityPrint*. Após o fatiamento, os arquivos são transferidos para as impressoras via pendrive ou cartão SD, iniciando-se o processo de impressão 3D.

Para o uso da máquina de corte a laser, a primeira etapa é o desenho bidimensional vetorial em software de design gráfico, com as ferramentas de desenho do *CorelDraw* ou *AutoLaser*. Uma vez elaborado o desenho se faz necessário utilizar um sistema de comunicação com a máquina de corte a laser, que convertem as coordenadas em comandos numéricos que são interpretados pela máquina. O programa padrão fornecido pelo fabricante da máquina utilizada no laboratório é o *AutoLaser*, por esse motivo ao elaborar desenho em qualquer outra plataforma os arquivos são convertidos em DXF para que sejam lidos no programa padrão. Quando os programas são elaborados no próprio *AutoLaser* não há necessidade de conversão, podem ser enviados à máquina diretamente da tela de trabalho. No *Autolaser* o projeto é configurado, considerando a posição

do desenho no espaço das máquinas, a velocidade e as taxas de potência de gravação e corte.

Para esse relato técnico foram selecionados alguns recursos de tecnologia assistiva para pessoas com deficiência visual (cegueira e baixa visão). São eles: tiposcópios, guia de assinatura e régua de leitura.

3. RESULTADOS

Os recursos de TA apresentados abaixo foram desenvolvidos dentro das experiências dos docentes e discentes do curso de Engenharia de Tecnologia Assistiva e Acessibilidade, com os materiais e maquinários presentes dentro do LabMaker. Estes recursos são considerados de baixa tecnologia por não envolverem conhecimentos elevados nas áreas de engenharia, são simples e acessíveis, em oposição à alta tecnologia, que é complexa e avançada.

1- Tiposcópio

Este recurso de TA também é chamado de grade de leitura ou grade de escrita, por sua característica visual semelhante a uma grade, muito utilizado nos Centros Pedagógicos por pessoas com cegueira ou baixa visão para treino de assinatura. O presente tiposcópio foi desenvolvido com folha de acetato por sua flexibilidade e durabilidade e seu tamanho é de 182mm x 269 mm com o tamanho das grades de 160mm x 11mm. O projeto deste recurso foi realizado no software CorelDraw com as ferramentas de forma retangular e linhas (figura 01 e 02). Em seguida foi exportado no formato DXF e importado para o *Autolaser*, onde foi configurado para que a máquina de corte a laser VS1390-SMART- 130W pudesse recortar a folha de acetato com a velocidade de 20 m/s e potência equivalente a 30% do total.

Figura 01 - Tiposcópio.



Esta versão do produto difere da original por conta dos detalhes de rasgos em formato de traços nas verticais e horizontais, feitos com o propósito de indicar à pessoa com perda visual a altura mediana da grande (traço na horizontal) e a indicação da metade da linha de escrita (traço na vertical). O tiposcópio pode ser facilmente personalizado de acordo com as necessidades do usuário. Não é recomendado que ele seja confeccionado em materiais dúcteis, pois dificulta o movimento de escrita realizado pela pessoa com perda visual. Apesar do tiposcópio desenvolvido ser transparente por causa do acetato, é recomendado que ele seja com cores que causem destaques para usuários com baixa visão. Atualmente o LabMaker segue fazendo a doação desse recurso para os Centros de Apoio Pedagógicos Especializado da cidade.

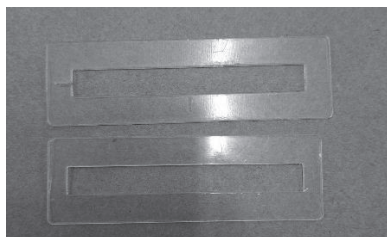
2- Guia de Assinador para RG

As pessoas com perda visual utilizam este recurso para possibilitar a assinatura cursiva em documentos físicos. Durante o estágio curricular de um engenheiro de Tecnologia Assistiva e Acessibilidade houve uma demanda em que pessoas cegas precisaram de um assinador específico para treinar sua assinatura para o documento de identificação (RG), na qual a linha disponibilizada é menor do que as linhas de assinaturas dos assinadores convencionais. Sabendo que o tamanho da linha para os documentos de RG são de 8cm e não existia uma guia de assinador como essa característica específica, projetou-se este recurso a partir dessa singularidade.

O guia foi desenhado no software CorelDraw nas dimensões 94 mm x 30 mm e com o tamanho da grade interna de 9mm x 80mm e exportado para DXF

e inserido no software AutoLaser para ser enviado à máquina de corte a laser (imagem 00). Como era uma folha de acetato foi utilizado a velocidade de 20 m/s com a potência de 30% da sua potência original (Figura 03 e 04)

Figura 02- Guia de Assinador para RG



Realizada a primeira versão do assinador para RG, posteriormente foi projetada uma segunda versão, na qual foram inseridas linhas horizontais e verticais com o mesmo propósito do tiposcópio. Nessa versão, se produziu um assinador maior para a necessidade de nomes extensos, com isso foi inserido um assinador de tamanhos 180 mm x 40 mm com o tamanho da grade interna de 9 mm x 160 mm. O traço na horizontal identifica o meio da grade interna e os dois traços na vertical indicam duas medianas: o primeiro traço indica a metade da linha de 80 mm e o segundo traço indica a metade da linha de 160mm. Dessa forma, esse assinador consegue atender a necessidade de assinaturas para RG e assinaturas de nomes extensos com uma área de escrita de 160 mm. Este recurso também segue sendo doado para as instituições.

3- Régua de Leitura

Algumas pessoas com deficiência visual do tipo baixa visão possuem dificuldades em acompanhar as leituras em livros físicos, seja por causa do tamanho da letra ou pelo reflexo da luz causada pelas páginas. Este recurso vem com a proposta de auxiliar esse público na leitura de livros físicos, como também pessoas com déficit de atenção que acabam se confundindo com as diversas frases de uma página (Figura 06). Em alguns casos a régua de leitura também é utilizada para treino de assinatura.

Figura 06 - Vista diagonal das régua de leitura

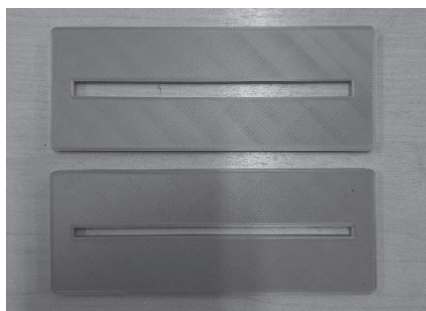


Para o desenvolvimento de uma régua de leitura, deve-se considerar duas características: o material não pode refletir a luminosidade e as dimensões da linha do texto no livro que o recurso será utilizado. Sendo assim, ela pode ser totalmente personalizada para cada livro ou documento onde será utilizado, necessitando ser de fácil construção e prototipação.

A régua de leitura para esse relato foi projetada no Fusion 360 com as dimensões 136,6 cm x 46,5 cm utilizando as ferramentas como: criar forma retangular, extrusão e arredondamento de cantos. Depois de sua modelagem o arquivo é exportado em formato STL e direcionado para um software de fatiamento, onde serão configurados os parâmetros de impressão como preenchimento, tipo de material e altura de camada e velocidade de impressão, parâmetros que interferem diretamente no tempo de impressão.

Neste caso a régua possui a densidade de 20% com o preenchimento do tipo grade. A régua de leitura também pode ser feita em MDF, trazendo as mesmas especificações de tamanho para um software de desenho em 2D, exportando o arquivo em DXF para se comunicar com uma máquina de corte a laser.

Figura 03 - Régua de leitura impressas em 3D



4. CONCLUSÕES

A fabricação digital, por meio de equipamentos como impressoras 3D e cortadoras a laser, revelou-se um elemento fundamental no desenvolvimento

desses recursos de TA, viabilizando a produção personalizada para as necessidades específicas de cada usuário, evidenciando como a cultura maker e a fabricação digital são ferramentas poderosas para tornar a educação e o mundo mais acessíveis e inclusivos para pessoas com deficiência visual. Este é um aspecto importante, visto que muitos recursos comercializados podem não atender plenamente às demandas individuais. Além disso, a fabricação digital impulsiona a produção de Tecnologia Assistiva de baixa complexidade, permitindo a criação de produtos com custos reduzidos e materiais acessíveis, superando a barreira financeira imposta por dispositivos industrializados. Também possibilita a prototipagem rápida e acessível de diferentes versões, essencial no processo de cocriação e validação ativa com os usuários finais, assegurando maior eficácia e promovendo aprimoramentos contínuos.

As inovações dos produtos estão presentes em detalhes que foram inseridos durante o processo de desenvolvimento, entre eles podemos citar os cantos arredondados do tiposcópios, as linhas de orientação mediana na horizontal e vertical do espaço de escrita presentes no guia de assinatura do RG e no tiposcópio e o uso de um material flexível e durável para ambos os produtos. Além disso, o guia de assinatura para RG contou com uma versão para nomes extensos.

Posteriormente, os produtos passarão por uma avaliação de usabilidade com usuários finais e acredita-se que no futuro, com os avanços da inteligência artificial, espera-se que o design digital e a materialização de ideias se tornem ainda mais acessíveis e automatizadas, ampliando significativamente o alcance e impacto dessas soluções.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação. *Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva*, Brasília, 2008. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/politicaeduc ESPECIAL.pdf>. Acesso em 26 de maio de 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. *Programa Dinheiro Direto na Escola* (PDDE), Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/secom/pt-br/aceso-a-informacao/comunicabr/lista-de-acoes-e-programas/programa-dinheiro-direto-na-escola-pdde>. Acesso em 26 de maio de 2025.

CORDEIRO, L. F.; GUÉRIOS, S. C.; PAZ, D. P.. MOVIMENTO MAKER E A EDUCAÇÃO: A TECNOLOGIA A FAVOR DA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO. *Revista Mundi Sociais e Humanidades*, Curitiba, PR, v. 4, n.1, p. 1-17, 2019. Disponível em: <https://revistas.ifpr.edu.br/index.php/mundisociais/article/view/720/556> Acesso em: 28 maio 2025.

GALVÃO FILHO, T. et al. Conceituação e estudo de normas. In: BRASIL, Tecnologia Assistiva, Brasília, CAT/SEDH/PR, 13-39, 2009. Disponível em: www.galvaofilho.net/livro-tecnologia-assistiva_CAT.pdf. Acesso em 21 de maio de 2025.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. PNS 2019: país tem 17,3 milhões de pessoas com algum tipo de deficiência in: Agência IBGE, Brasília, 2021. Disponível em: <https://agencia-denoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-denoticias/releases31445-pns-2019-pais-tem-17-3-milhoes-de-pessoas-com-algum-tipo-de-deficiencia>. Acesso em 28 de maio de 2025.

MORAES, A. B. da S. et al. Guia tecnologia assistiva: a Tecnologia Assistiva é fundamental para promover a Inclusão, a autonomia e a equidade de pessoas com deficiência na sociedade, Belém, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufra.edu.br/jspui/bitstream/123456789/2461/1/Guia%20tecnologia%20assistiva.pdf>. Acesso em 26 de maio de 2025.