CIDADES INTELIGENTES E INCLUSIVAS: DISPOSITIVOS DE ACESSIBILIDADE PRODUZIDOS COM POLIPROPILENO RECICLADO POR IMPRESSÃO 3D

Júlia Blauth Mendes dos Santos (PIBIC/CNPq), Luiza Carla Augusto Molina. Daniel Mantovani, Luís Fernando Cusioli (Orientador). e-mail: ra143018@uem.br

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Maringá, PR.

Engenharia Química / Processos Ambientais e Tecnologias Limpas

Palavras-chave: Cidades Inteligentes; Acessibilidade; Impressão 3D; Material Reciclado.

RESUMO

O desenvolvimento de cidades inteligentes e inclusivas demanda soluções tecnológicas que promovam acessibilidade e autonomia para pessoas com deficiência. Nesse contexto, a impressão 3D surge como uma alternativa viável para a produção de dispositivos personalizados de baixo custo. Este trabalho tem como objetivo investigar a aplicação do polipropileno reciclado na fabricação de dispositivos de acessibilidade, com foco inicial na produção de uma placa em Braille. A metodologia baseou-se em revisão bibliográfica sobre manufatura aditiva, materiais reciclados e tecnologia assistiva, aliada à experimentação prática com impressão 3D. Foram realizadas etapas de aprendizado dos parâmetros de impressão, modelagem do dispositivo e testes experimentais, com ajustes nas condições de processamento para melhoria da qualidade da peça. Os resultados preliminares indicam potencial na utilização do polipropileno reciclado para esse tipo de aplicação, embora a validação funcional ainda esteja em andamento. Espera-se que o estudo contribua para o desenvolvimento de soluções acessíveis e sustentáveis no contexto urbano.

INTRODUÇÃO

A manufatura aditiva (impressão 3D), pilar da Indústria 4.0, destaca-se pela produção de peças personalizadas, sob demanda e com menor desperdício de material (SILVA et al., 2021; SANTOS et al., 2025). Avanços recentes priorizam a sustentabilidade e a economia circular, a exemplo do reaproveitamento do polipropileno (PP) oriundo do setor automobilístico na fabricação de filamentos com bom desempenho mecânico (GONÇALVES, 2024). Essa perspectiva alinha-se aos princípios da Engenharia Química e viabiliza a aplicação da impressão 3D na tecnologia assistiva, permitindo o desenvolvimento de dispositivos personalizados, acessíveis e de baixo custo.

MATERIAIS E MÉTODOS

A modelagem tridimensional das placas em braile foi desenvolvida por meio do software Autodesk Fusion 360 (Autodesk Inc., EUA), empregando-se o plug-in Braille Creator. Essa ferramenta, nativa do programa, possibilita a inserção da escrita em braile diretamente na superfície do modelo 3D, conforme ilustrado na Figura 1. Posteriormente, a precisão gramatical da transcrição foi validada com o auxílio do Brailendo, um programa desenvolvido e disponibilizado pelo Instituto Tércio Pacitti da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Essa etapa de verificação foi necessária pelo fato de o Braille Creator operar com base no padrão norte-americano. Quaisquer divergências identificadas foram corrigidas mediante a edição do esboço (sketch) do sólido tridimensional.

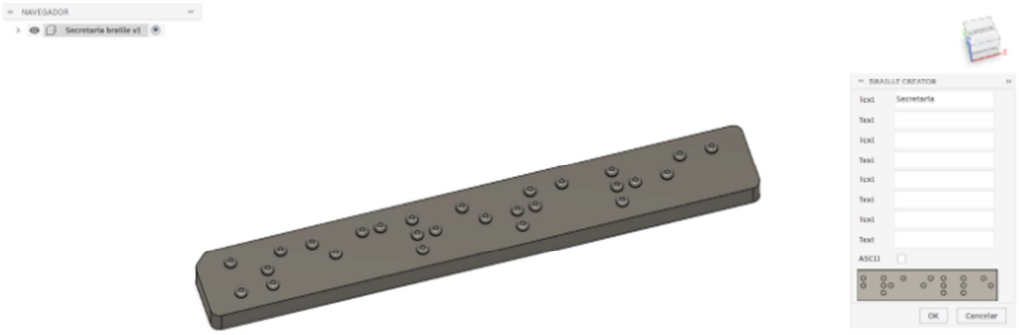


Figura 1 – Desenho 3D da placa em braile escrito “Secretaria” feita no Autodesk Fusion 360.

Na etapa subsequente, o modelo digital foi exportado no formato Standard Triangle Language (.stl) e submetido ao processo de fatiamento no software PrusaSlicer (Prusa Research a.s., Czech Republic) para a geração do código de comando numérico (G-code). Os principais parâmetros adotados para o fatiamento foram:

- Temperatura do bico: 215ºC (PLA) ou 235ºC (ABS).
- Temperamento da mesa de impressão: 70ºC;
- Altura da camada: 0,2 mm;
- Velocidade do perímetro: 30 mm/s;
- Densidade de preenchimento: 25%;
- Padrão de preenchimento: Retilíneo;
- Largura de extrusão: 0,4 mm.

A partir das diretrizes estabelecidas no arquivo G-code, a manufatura aditiva da placa em braile foi executada em uma impressora 3D Flashforge DREAMER (Zhejiang Flashforge 3D Technology Co., China), utilizando-se o polipropileno reciclável (PP).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da metodologia adotada, foi possível realizar com sucesso a manufatura aditiva das placas de sinalização tátil em Braille utilizando os filamentos poliméricos de poli(ácido láctico) (PLA) e acrilonitrila butadieno estireno (ABS). A integração entre o Autodesk Fusion 360 com o plug-in Braille Creator e a posterior validação da precisão gramatical no programa Brailendo garantiu a fidelidade ortográfica da transcrição conforme os padrões nacionais antes do fatiamento no PrusaSlicer. Na fabricação das placas com a palavra “Copa” em ABS (Figura 2), a variação das dimensões das margens demonstrou a importância da proporção das bordas para a ergonomia do manuseio tátil e para a fixação da peça no ambiente. Por sua vez, a impressão em PLA das placas indicativas de maior e menor extensão textual, como “Departamento de Engenharia Química” (Figura 3) e “Secretaria” (Figura 4), comprovou a versatilidade do processo, em que os parâmetros operacionais adotados como altura de camada de 0,2 mm, velocidade de perímetro de 30 mm/s e preenchimento retilíneo a 25% garantiram a precisa resolução geométrica e a integridade das cúpulas dos pontos em relevo, essenciais para a leitura tátil sem a ocorrência de defeitos de aderência ou empenamento (warping).



Figura 2 – Escrito “Copa”. Diferentes tamanhos de margem. Feito em PP.

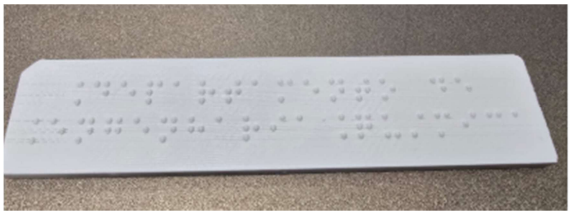


Figura 3 – Escrito “Departamento de Engenharia Química” Feito em PP.

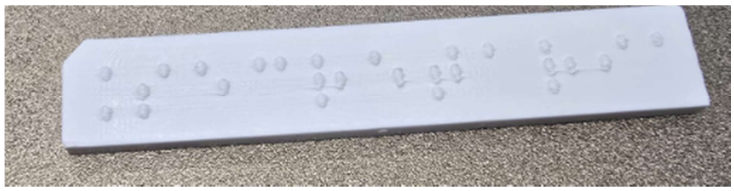


Figura 4 – Escrito “Secretaria” Feito em PP.

CONCLUSÕES

A metodologia proposta demonstrou ser eficaz para a produção de placas de sinalização tátil em Braille por meio de manufatura aditiva. A combinação dos softwares Autodesk Fusion 360 e Brailendo garantiu a fidelidade gramatical das transcrições, corrigindo as divergências do padrão internacional. O uso dos materiais PLA e ABS associado ao ajuste dos parâmetros de fatiamento no PrusaSlicer possibilitou a obtenção de peças com alta definição dimensional nos pontos de relevo tátil, boa aderência à mesa e ausência de deformações, tanto em textos curtos quanto extensos, atendendo aos requisitos funcionais e ergonômicos necessários.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - Brasil, a quem agradecemos pelo suporte financeiro fundamental para a viabilização, execução e desenvolvimento desta pesquisa acadêmica.

REFERÊNCIAS

BERSCH, R. **Introdução à tecnologia assistiva**. Porto Alegre: CEDI, v. 21, p. 1-20, 2008.

GONÇALVES, P. A. S. **Uso de polipropileno reciclado na fabricação de filamentos para impressão 3D**. 2024. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2024.

SANTOS, N. R. *et al.* Application of three- dimensional structures of polylactic acid (PLA) impregnated with graphene oxide for adsorption of ibuprofen. **Journal of Water Process Engineering**, v. 78, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2025.108672. Acesso em 20 aug. 2026.

SILVA, F. R. *et al.* Aplicações da impressão 3D na Indústria 4.0: Perspectivas para sistemas de informação. **Revista Gestão e Conhecimento**, v. 2, n. 1, 2021.