

Aplicação da Tecnologia 3D à Tecnologia Assistiva com ênfase na prototipagem de recursos para leitura em Braille

Letícia C. Ishiuchi^{1,2}, Leonardo M. R. Machado¹, Fabiana F. G. Bonilha¹

lcishiuchi@cti.gov.br, lmachado@cti.gov.br, fbonilha@cti.gov.br

**¹Laboratório Aberto de Tecnologias Tridimensionais – LAPRINT
CTI Renato Archer – Campinas/SP**

**²Faculdade de Engenharia Biomédica
Universidade Pontificia Universidade Catolica– Campinas/SP**

Abstract. *Accessibility is a fundamental right for all individuals with disabilities, and is crucial for ensuring inclusion, equality, communication and independence. This article studies the relevance of accessibility for people with visual impairments, with a particular focus on the development of software for converting text printed in ink into Braille, using 3D printing as a resource. The analysis covers the importance of this technological resource in facilitating access to information and promoting autonomy for blind people, highlighting the practical and theoretical implications of the software in the context of accessibility.*

Resumo. *A acessibilidade constitui um direito fundamental para todos os indivíduos com deficiência, e é crucial para garantir inclusão, igualdade, comunicação e independência. Este artigo estuda a relevância da acessibilidade para pessoas com deficiência visual, com um enfoque particular no desenvolvimento de um software destinado à conversão de texto impresso em tinta para o Braille, usando a impressão 3D como um recurso. A análise abrange a importância deste recurso tecnológico na facilitação do acesso à informação e na promoção da autonomia para pessoas cegas, destacando as implicações práticas e teóricas do software no contexto da acessibilidade.*

Palavras-Chave: *Acessibilidade, tecnologia assistiva, transcrição em Braille, Impressão 3D, Material tátil*

1. Introdução

A educação inclusiva tem um papel muito importante na formação de todo indivíduo, como um direito fundamental. Mas infelizmente estudantes com deficiência visual em todos os níveis de ensino ainda enfrentam desafios significativos devido à escassez de materiais didáticos adequados, como livros em Braille e materiais táteis.

Nesse contexto, a impressão 3D tem se mostrado uma ferramenta essencial no desenvolvimento de recursos educacionais para pessoas cegas ou com baixa visão, por ela possibilitar a criação de materiais táteis que tornam palpáveis imagens e conteúdos visuais que, de outra forma, os cegos não poderiam conhecer.

Sob esta perspectiva, o grupo de estudos HOMERO 3D (SOBRAL et al., 2015) dedicou-se à pesquisa e ao desenvolvimento de projetos de design voltados para tecnologia assistiva. Eles investigaram métodos de fabricação digital e sua aplicação na educação, reconhecendo a

importância do toque e do sentido tátil na percepção de mundo para indivíduos com deficiência visual. No referido trabalho, iniciativas como o universo tátil criado pela NASA e o projeto Touchable Memories, que imprime fotos de momentos especiais em 3D, ilustram o crescente interesse acadêmico e tecnológico em desenvolver artefatos de suporte cognitivo, consolidando a impressão 3D como uma abordagem inovadora e inclusiva na educação de pessoas cegas.

Um trabalho relevante no campo da acessibilidade para pessoas cegas é o de Karbowski (2020), que destaca a importância da impressão 3D como uma ferramenta transformadora. Esse estudo demonstra como a impressão 3D pode criar modelos táteis personalizados que ajudam na compreensão geral de materiais complexos, trazendo uma maior inclusão e autonomia de pessoas com deficiência visual. A pesquisa aborda a aplicação prática da impressão 3D na criação de mapas táteis, além da eficácia dessas ferramentas em contextos educacionais e outras ferramentas de ensino, demonstrando como esses recursos podem ser adaptados para atender às necessidades específicas dos usuários [KARBOWSKI, 2020].

Além disso, um estudo foi realizado na Filipinas, com a impressão de materiais táteis para crianças com deficiência visual. O estudo buscou desenvolver um sistema que servisse como material acadêmico suplementar para indivíduos com deficiência visual, aprimorando suas habilidades de leitura por meio de uma abordagem tátil. A eficácia desse sistema foi avaliada através de um teste de aceitação de usuários na Escola Nacional para Cegos das Filipinas, onde se verificou que o produto era mais eficaz em comparação com o Braille em relevo, o que demonstra a importância da impressão 3D no âmbito educacional [ARBES et al., 2019].

Destaca-se que a impressão 3D também possui um potencial na produção de materiais em Braille.

A criação do Sistema Braille, realizada por Louis Braille no século XIX, representou uma grande evolução no acesso à leitura e escrita para pessoas cegas. Trata-se de um código com 63 sinais divididos em 7 séries, que, a partir de sua difusão, tornou-se um sistema de leitura e escrita consolidado e universal. Ele é composto por uma matriz de 6 pontos em relevo, que será apresentada mais adiante neste artigo [CERQUEIRA, 2009].

A impressão do braille no papel é muito útil, sobretudo no caso de textos mais extensos, mas possui certas limitações. Apesar de sua utilidade e facilidade, os caracteres impressos no papel tendem a perder sua precisão com o tempo, ou seja, quanto mais a pessoa ler com as mãos mais os pontos se desgastam e perdem o relevo, dificultando ou até impossibilitando sua leitura. Na presente pesquisa, foi desenvolvido um programa para transcrever texto em tinta para Braille dentro do software Rhinoceros® (Robert McNeel & Associates, Seattle, USA), em um atalho para o Grasshopper®. Esse programa foi criado especialmente para realizar a impressão de materiais Braille em 3D, o que garante a precisão e a durabilidade do material.

2. Objetivos

O objetivo desta pesquisa é estudar o desenvolvimento de materiais táteis para pessoas cegas com o uso da impressão 3D, e, especificamente, desenvolver um software para a impressão 3D de caracteres Braille. Além disso, o estudo visa identificar os materiais e técnicas de impressão 3D mais adequados para garantir a eficácia e a facilidade de leitura em Braille, proporcionando um avanço significativo na criação de recursos educativos inclusivos.

3. Materiais e Métodos

3.1. Fase exploratória

Em uma fase inicial da pesquisa, em que se explorou o potencial da produção de materiais táteis, surgiu a ideia de imprimir em 3D instrumentos musicais em escala reduzida, que pudessem ser conhecidos por pessoas cegas por meio do tato. Como protótipo, foi impressa uma guitarra em uma escala menor. Para isso foi realizada a digitalização dessa guitarra através de um scanner disponível no laboratório da DITPS do CTI. A digitalização foi feita dividindo a guitarra em partes, e o desenho foi feito a partir dessa digitalização no software Rhinoceros®. O único problema encontrado foi a superfície brilhante da guitarra, que dificultava a digitalização. Por isso foi utilizado uma fita no decorrer da guitarra para auxiliar o scanner, o que é evidente nas imagens da guitarra escaneada com todas as partes juntas, apresentada na Figura 1. A impressão foi realizada na impressora SLS (Sinterização a laser seletiva).

Para o próximo passo foi usado o comando Scale, uma ferramenta que permite escalonar a malha, aumentando ou diminuindo seu tamanho conforme necessário, mantendo a integridade e o detalhamento do desenho. Nesse caso, foi usado para diminuir o tamanho da malha para imprimir dois tamanhos, 14.5 cm e 7.7 cm, para a definição do modelo mais adequado, como pode ser observado na Figura 2.

Para a impressão foi criada uma malha, que é uma estrutura composta por vértices, arestas e faces que define a forma de um objeto tridimensional. Essas malhas são cruciais na modelagem para impressão 3D, pois determinam a precisão e a qualidade do objeto final a ser impresso. A malha foi exportada no formato STL, que é amplamente compatível com impressoras 3D, assegurando a adequação ao processo de impressão.



Figura 1. Guitarra digitalizada e desenhada.

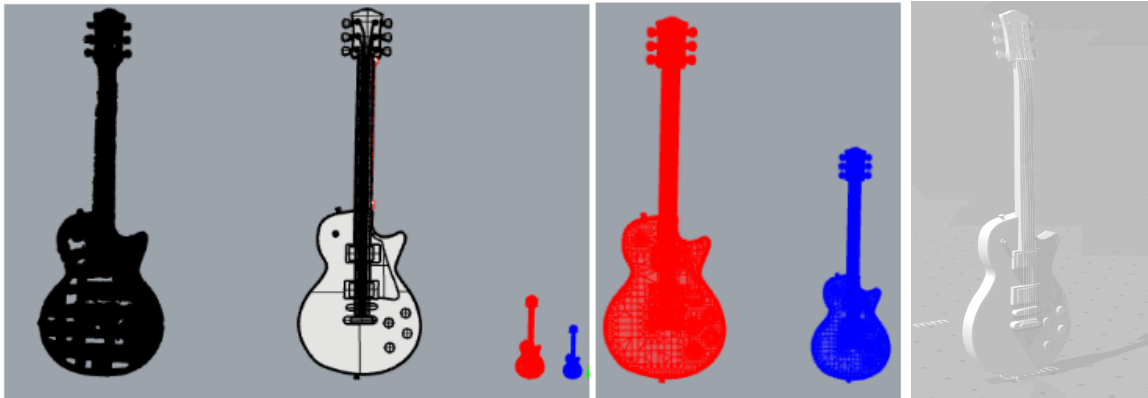


Figura 2. Malha da guitarra.

3.2 Desenvolvimento do software

Na segunda fase da pesquisa, foi abordada a impressão 3D de caracteres braille, por meio do desenvolvimento de um software para esse fim.

3.2.1 Identificação e criação da Matriz



Figura 3. Matriz Braille (Cela Braille).

Fonte: Tillmann e Pottmeier (2014, p. 7).

Observou-se que o Braille é uma matriz e, a partir disso, foram exploradas formas de criar essa matriz no Grasshopper[®]. Inicialmente, realizou-se um desenho manual, que foi impresso para verificar a legibilidade, permitindo assim o progresso do estudo. Em seguida, utilizando um paquímetro, foram realizadas medições de um modelo de mapa Braille existente no CTI para determinar as medidas a serem utilizadas no programa. Sempre seguindo os seis pontos da matriz Braille, indicada na Figura 3.

É importante compreender que, ao ler um material em braille, as proporções das células braille são de extrema importância. A precisão das distâncias, tanto entre as células quanto entre os pontos dentro de cada célula, é muito importante. Se essas distâncias não forem adequadas a leitura pode se tornar difícil ou até gerar confusão, comprometendo a interpretação correta do texto.

Conforme descrito por Oliveira (2018, p.23), no sistema Braille, as celas são organizadas com pontos dispostos a 2,5 mm de distância dentro da mesma cela, e a separação horizontal entre pontos de celas consecutivas é de 3,5 mm. Cada ponto tem 1,5 mm de diâmetro e uma altura de relevo de 0,5 mm, garantindo que a leitura tátil seja precisa e eficaz. Apesar disso, ao realizar diversos testes foi possível chegar a outros valores, que se mostraram eficazes para a leitura das celas braille. Esses valores estão identificados na Figura 4, eles são, 3mm entre pontos na mesma cela, 4mm entre duas celas, 1,7mm de diâmetro e 0,8mm de altura de relevo.

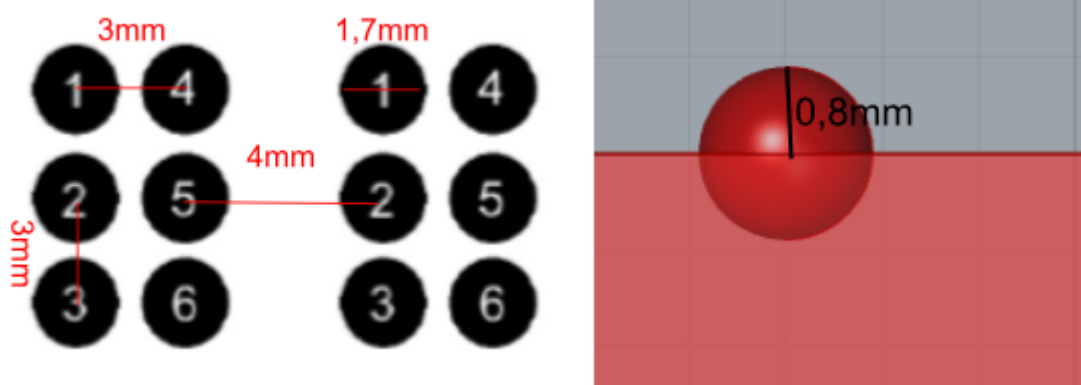


Figura 4. Medidas usadas.

3.2.2 Desenvolvimento do código

Posteriormente, foi estudada a possibilidade de implementar o processo através da programação no Grasshopper®, uma ferramenta de modelagem paramétrica integrada ao Rhinoceros®. A programação dentro do Grasshopper® é realizada utilizando IronPython 2.7. Portanto, ao longo deste artigo, todas as consultas e esclarecimentos técnicos foram baseados nas especificidades do IronPython 2.7, dada sua importância para a execução e personalização de algoritmos no ambiente Grasshopper®. Essa abordagem permite a automação e a criação de soluções customizadas de forma eficiente, expandindo as capacidades da modelagem paramétrica e facilitando a manipulação de dados e geometria. Após algumas considerações esse foi o caminho seguido.

Foi utilizada tanto a programação em blocos quanto a programação em Python para o desenvolvimento do projeto. Especificamente, dentro do ambiente do Grasshopper®, foi empregado o componente GhPython Script, que permite a escrita de código Python utilizando a biblioteca rhinoscriptsyntax para a criação de representações tridimensionais das células Braille. Além disso, a programação em blocos foi aplicada para o design da placa que acompanha o tamanho da palavra escrita.

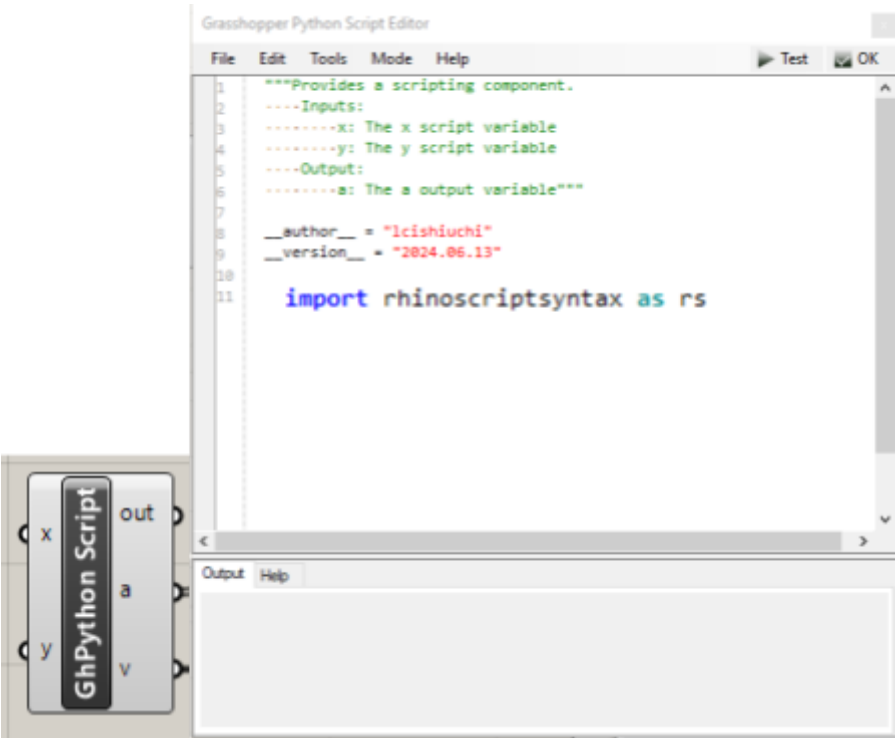
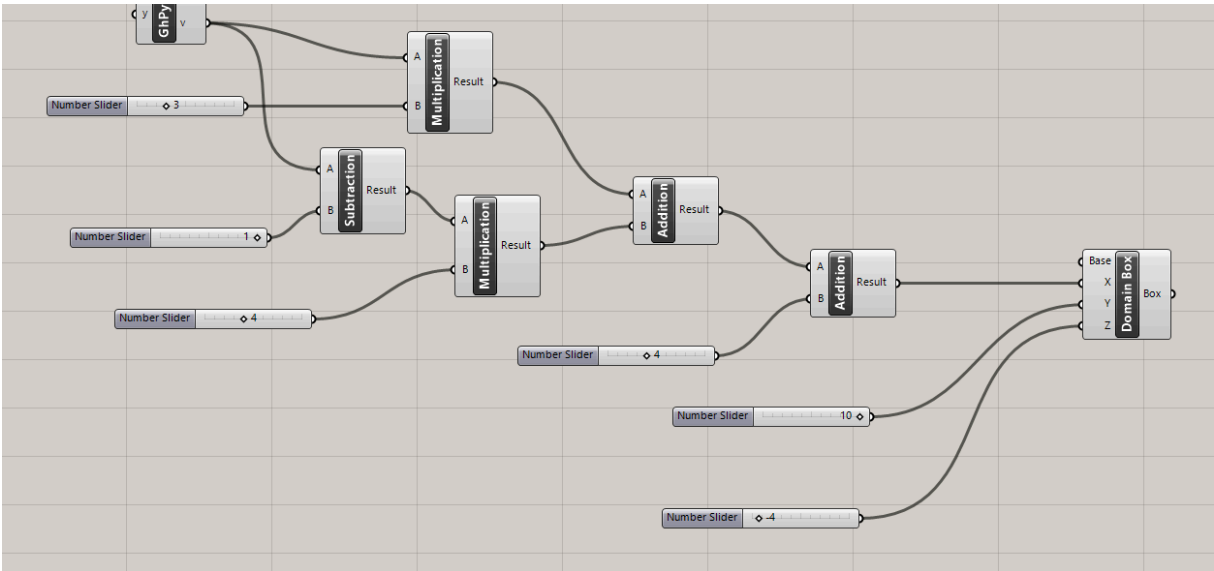


Figura 5. Python Script.



```
texto=rs.GetString("Digite o que quer transcrever (Caso queira dar um espaço use _ ) ")
```

$$v = len(texto)$$

Figura 6. Programação em blocos usado para fazer a placa.

4 Resultados e discussão

4.1 Desenvolvimento do programa

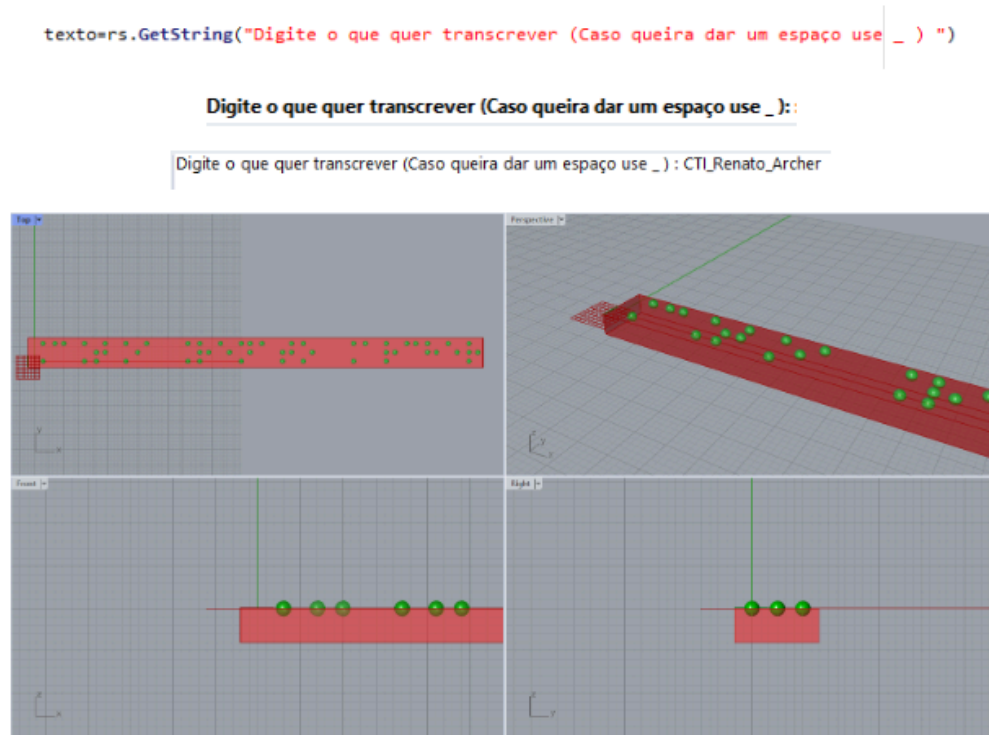


Figura 7. Resultado da transcrição para Braille.

O principal resultado desta pesquisa foi o software nela desenvolvido.

O programa atendeu às expectativas iniciais ao transcrever com precisão e sem erro um texto preenchido com tinta para Braille. Além do mais, ele permite a conversão de maiúsculas e números e preserva uma coluna de separação entre as palavras. A Figura 7 mostra a interface do programa onde o usuário pode inserir a frase para transcrição e ver seu resultado na placa com os pontos Braille. Usando esta ferramenta, o usuário pode ainda gerar o arquivo STL no Rhinoceros® e imprimir o resultado. Portanto, por ter uma transcrição eficiente e precisa de textos para Braille este programa possibilitará criar materiais educacionais inclusivos em favor da qualidade do ensino.

4.2 Resultado das impressões

4.2.1 Guitarra

Outro resultado importante desta pesquisa foi a impressão 3D de instrumentos musicais em escala reduzida como material tátil e pedagógico, tendo como protótipo uma guitarra.

Durante o processo de fabricação, a corda da guitarra não foi devidamente representada na impressão final devido à sua espessura extremamente reduzida, o que levou à sua quebra durante a etapa de limpeza por conta de sua fragilidade. No entanto, essa falha não afetou a leitura tátil da guitarra. Conforme discutido anteriormente, foram impressos dois tamanhos, e por meio de testes, determinou-se que a dimensão mais adequada para uma boa compreensão foi a de 14,5 cm. Esse experimento demonstrou a importância da escala dos objetos para pessoas cegas, mostrando como o tamanho e a forma dos itens podem impactar a compreensão e a interação tátil.

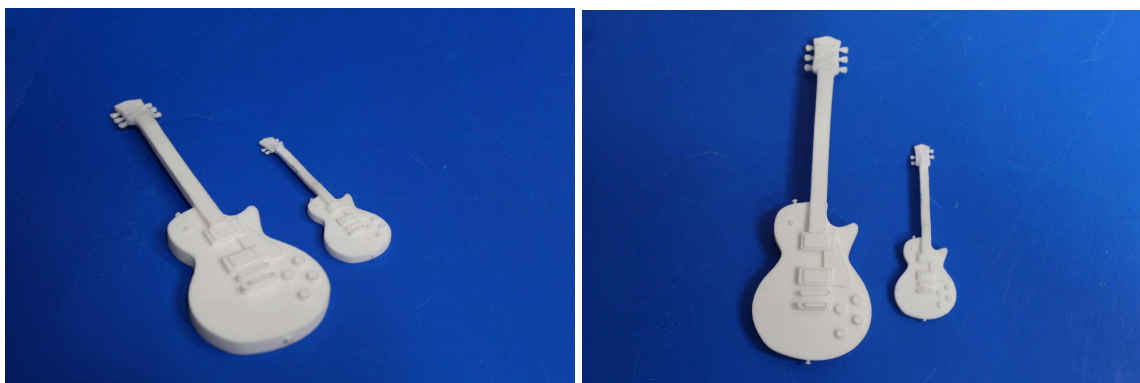


Figura 8. Guitarra impressa.

4.2.2 Placas Braille

Placas em Braille impressas em 3D também foram um resultado deste trabalho.

A primeira impressão foi realizada utilizando a tecnologia PolyJet, empregando dois materiais distintos. Uma das placas foi produzida inteiramente com resina VeroClear, enquanto a outra utilizou VeroClear para a placa base e Tango Black para a fabricação das celas. Após a realização de testes, verificou-se que a impressão feita inteiramente com VeroClear apresentou melhores resultados. Posteriormente, foi gerada uma nova impressão com o objetivo de avaliar a precisão das distâncias. Nessa etapa, utilizou-se uma cела e o sinal de maiúsculas, empregando os pontos 3 e 6 da Figura 3, os quais não haviam sido utilizados na impressão anterior.

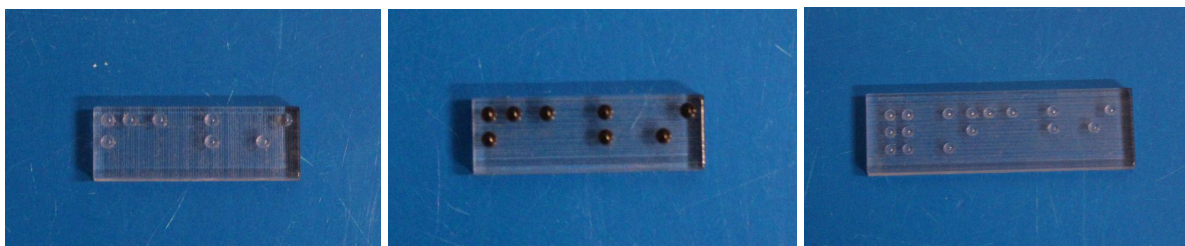


Figura 9. Placas Impressas.

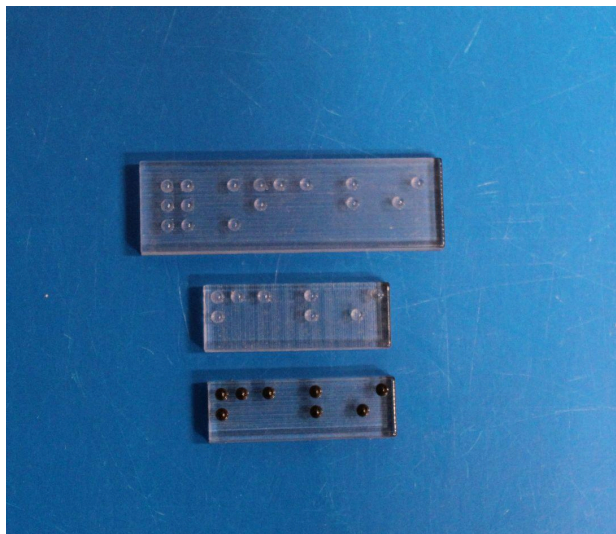


Figura 10. Placas Impressas.

5 Conclusão

A pesquisa demonstrou que o programa desenvolvido atende ao propósito de transcrever e imprimir caracteres Braille em 3D, oferecendo uma solução eficaz para a criação de materiais táteis acessíveis. Os resultados obtidos confirmam que a tecnologia de impressão 3D aliada ao software de conversão é capaz de gerar recursos Braille com precisão, contribuindo significativamente para a inclusão de pessoas com deficiência visual.

No entanto, na pesquisa também foram identificados aspectos do software que necessitam de aprimoramento. O sinal de maiúscula, por exemplo, está sendo aplicado individualmente a cada caractere, em vez de seguir o padrão duplo estabelecido pelas normas do Braille. Problemas semelhantes foram observados com o sinal de números. Além disso, a representação de certos caracteres especiais, como 'ç', 'á', 'ú', 'ñ', 'ï' e o sinal de exclamação ("!"), ainda está incorreta devido a limitações na interpretação desses caracteres pelo Grasshopper®, que trata o ponto de exclamação como um comando de deletar. Outro ponto a ser considerado é a adição de um botão que torne o processo mais eficiente, evitando a necessidade de abrir o bloco de script e clicar em "test" repetidamente.

Os resultados deste estudo apontam para a relevância da realização de novas pesquisas com este software, tornando-o cada vez mais aprimorado e eficiente. O trabalho também aponta para a importância de continuar investindo em tecnologias inovadoras para promover a acessibilidade e garantir que todos tenham igual acesso a recursos educacionais. O avanço contínuo neste campo é crucial para a construção de um ambiente mais inclusivo e equitativo para pessoas com deficiência visual.

6 Agradecimentos

Gostaria de expressar minha sincera gratidão ao Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI Renato Archer) pelo apoio fundamental e pela infraestrutura excepcional fornecida durante o desenvolvimento deste projeto. Agradeço especialmente à minha orientadora Fabiana Fator Gouvêa Bonilha, pela oportunidade e orientação valiosa ao longo de toda a pesquisa.

Meu profundo agradecimento também ao meu coorientador Leonardo Mendes Ribeiro Machado, cuja dedicação e expertise foram essenciais para o sucesso do trabalho. A colaboração e o apoio dos meus colegas bolsistas foram igualmente inestimáveis, contribuindo para um ambiente de trabalho colaborativo e enriquecedor.

Reconheço o suporte financeiro e institucional do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), que foram cruciais para a realização deste projeto. A todos, meu sincero agradecimento por tornar possível a realização desta pesquisa.

Referências

- CERQUEIRA, Jonir. O Legado de Louis Braille. Instituto Benjamin Constant, Edição Especial 02 - Outubro de 2009, 1-14, Novembro, 2016. Disponível em: <http://antigo.ibr.gov.br/revistas/252-edicao-especial-02-outubro-de-2009> . Acesso em: 17 de julho de 2024.
- Karbowski, Caroline Frances (2020) "See3D: 3D Printing for People Who Are Blind," Journal of Science Education for Students with Disabilities: Vol. 23 : Iss. 1, Article 6. DOI: 10.14448/jsesd.12.0006 Disponível em: <https://repository.rit.edu/jsesd/vol23/iss1/6>.
- OLIVEIRA, Regina F. C. de; et al. Braille!? O que é isso? 2ª ed. Revisada e ampliada, São Paulo, Fundação Dorina Nowill para Cegos, 2018.
- SOBRAL, João Eduardo Chagas; CAVALCANTI, Anna Luiza Moraes de Sá; EVERLING, Marli Teresinha; "‘VER COM AS MÃOS’: A TECNOLOGIA 3D COMO RECURSO EDUCATIVO PARA PESSOAS CEGAS.", p. 1327-1335 . In: Anais do 15º Ergodesign & Usihc [=Blucher Design Proceedings, vol. 2, num. 1]. São Paulo: Blucher, 2015. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/ver-com-as-mos-a-tecnologia-3d-como-recurso-educativo-para-pessoas-cegas-19081> .
- Tagalog text-to-braille translator tactile story board with 3D printing. L A D Arbes et al 2019 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 482 012023 DOI 10.1088/1757-899X/482/1/012023
- TILLMANN, Luana; POTTMEIER, Sandra. As letras em relevo sob nossos dedos: conhecendo o sistema Braille. **Revista Científica CENSUPEG**, [S.l.], v. 1, n. 9, p. 3-14, 2. sem. 2014.