Estudo de placas de Braille feitas com diferentes propriedades na Impressão 3D

Anyelle Medeiros de Sousa Reis

amreis@cti.gov.br

Divisão de Tecnologias para Produção e Saúde – DITPS
CTI Renato Archer – Campinas/SP

Faculdade de Física
Universidade Estadual de Campinas – Campinas/SP

Resumo. *Este trabalho apresenta um estudo sobre a aplicação da Impressão 3D no desenvolvimento da Tecnologia Assistiva, discutindo características que o cenário 3D trouxe para esse ramo da tecnologia. O artigo experimenta e questiona as diferentes formas de imprimir placas em Braille em uma impressora 3D do tipo FDM (Fused Deposition Modeling), visando principalmente contornar os impasses que comprometem a legibilidade dessas placas para pessoas com deficiência visual. O estudo evidencia o papel fundamental da Manufatura Aditiva no avanço da independência e qualidade de vida de pessoas com deficiência.*

Abstract. *This work presents a study on the application of 3D Printing in the development of Assistive Technology, discussing characteristics that the 3D scenario brought to this branch of technology. The article experiments and questions the different ways of printing Braille signs on an FDM (Fused Deposition Modeling) 3D printer, mainly aiming to overcome the obstacles that would compromise the legibility of these signs for a visually impaired person. The study highlights the fundamental role of Additive Manufacturing in advancing the independence and quality of life of people with disabilities.*

1. Introdução

Tecnologia Assistiva é um termo usado para descrever técnicas, objetos, recursos e serviços que auxiliam e beneficiam de alguma forma pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida, melhorando sua autonomia, qualidade de vida e independência ([1] Livro Branco da Tecnologia Assistiva no Brasil, 2017). Todas as tecnologias que ajudam, mesmo que em tarefas simples, na vivência de pessoas que possuem qualquer deficiência, física ou intelectual, está englobado nesse ramo da tecnologia. Esse conceito surgiu oficialmente no Brasil no ano de 2015, com a implementação da Lei nº 13.146, Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (LBI). Com o avanço da ciência e com o aumento da implementação da Tecnologia Assistiva, é previsto que barreiras que causam falta de autonomia e independência em pessoas com deficiência, sejam cada vez menores.

Entretanto, o conceito de Tecnologia Assistiva só ganhou a devida importância no ano de 2015, o que demonstra um grande atraso em reconhecer a evolução da qualidade de vida de pessoas com deficiência como um ramo da tecnologia, que precisa de constante evolução e atenção de profissionais da ciência e da inovação.

A maior visibilidade sobre a importância do desenvolvimento de tecnologias para auxiliar o dia a dia de pessoas com deficiência ocorreu ao mesmo tempo que a popularização da Impressão 3D. A Manufatura Aditiva possui diversas vantagens que podem ser exploradas pelas Tecnologias Assistivas, como personalização de peças, diversidade de materiais, baixo custo, maior rapidez, modernização e inovação. Devido a essas características, é mais fácil atender um maior número de pessoas com possibilidade de customização, utilizando uma tecnologia cada vez mais comum, acessível e prática de ser usada. Um estudo recente computou que pessoas sem experiência em Impressão 3D apontam a tecnologia como "aceitável" e "excelente" após terem contato com ela ([2] SILVA, 2025).

A partir da revisão da norma NBR 9050 em 2015, o Braille passou a ser amplamente introduzido na Impressão 3D. Essa norma trata da acessibilidade no meio urbano e tornou obrigatória a sinalização em Braille em edifícios e outros lugares de uso comum, para uma melhor localização e orientação de deficientes visuais ([3] TECPLANER, 2024). Isso fez a demanda por Braille aumentar muito rapidamente, principalmente em meios mais resistentes e menos susceptíveis a danos climáticos ou ao toque em ambientes de grande circulação de pessoas. Por isso, surgiu a necessidade de introduzir esse sistema de escrita na Manufatura Aditiva, pois é possível fabricar placas personalizadas, à baixo custo, resistentes e que não se deformam facilmente com o tempo, atendendo a um dos objetivos do Ministério da Ciência e Tecnologia para a Tecnologia Assistiva ([4] MCTI, 2021)

2. Objetivo

Estudar determinados parâmetros da Impressão 3D, aplicados em placas de Braille, como orientação da peça na mesa de impressão, espessura de camada, e

achatamento da parte superior no modelo CAD da peça, a fim de analisar os impactos dessas características na legibilidade dessas placas.

3. Materiais e métodos

Neste trabalho, foi utilizada uma impressora 3D FDM (Fused Deposition Modeling) Bambu Lab A1, com propriedades de impressão definidas no fatiador Ultimaker Cura, com velocidade 60% do modelo original, temperatura de mesa e do bico a 65 ºC e 200 ºC respectivamente. O material utilizado na impressora foi o PLA (Ácido Polilático) da marca 3D Fila, que possui 1,75 mm de diâmetro, devido seu custo mais acessível e facilidade do uso, visando a popularização desse método de impressão das placas.

Foram projetadas no software CAD SolidWorks, placas de Braille com diferentes parâmetros, visando otimizar o acabamento para favorecer a leitura tática dessas placas. Após a impressão, todas as placas foram observadas em um microscópio óptico, da marca OPTON.

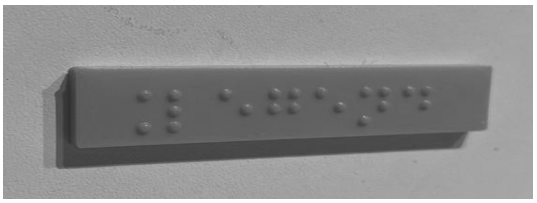

Figura 1. Placa de Braille impressa em PLA (Ácido Polilático)

3.1. Orientação

Na impressão 3D é possível imprimir peças com diversas orientações, e isso muda as propriedades do objeto final, como acabamento, precisão dimensional e resistência. As placas em Braille foram impressas de duas formas: horizontal, com a maior superfície plana em contato com a mesa de impressão, e com essa superfície orientada a 45º em relação à horizontal, como mostrado nas Figuras 2 e 3, respectivamente.

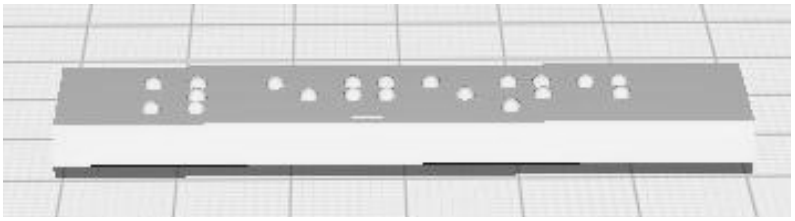

Figura 2. Placa orientada horizontalmente.

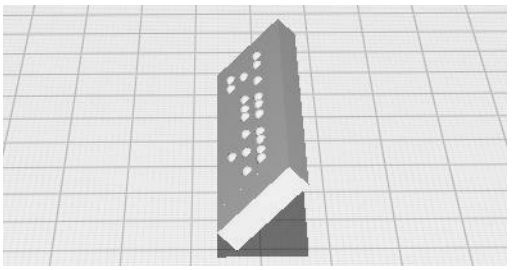

Figura 3. Placa orientada a 45º em relação à horizontal.

A placa não foi impressa com uma terceira possibilidade, com sua outra superfície orientada a 45º em relação à horizontal, pois isso traria uma menor resistência aos pontos, devido a anisotropia de peças impressas em camadas ([5] The influence of printing parameters on selected mechanical properties of FDM/FFF 3D-printed parts, 2017), que faz o material ter diferentes resistências conforme a disposição das camadas ao se aplicar uma força, conforme mostra a Figura 4. Se a placa Braille tivesse sido impressa no posicionamento da Figura 5, suas camadas ficariam distribuídas na peça conforme a Figura 6. Os pontos teriam uma menor resistência, pois a força de leitura, que vem da esquerda para a direita, no eixo horizontal, seria aplicada perpendicularmente às camadas da peça, promovendo uma baixa durabilidade e risco de quebra.

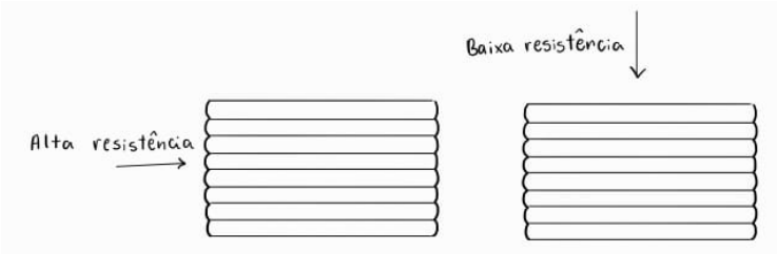

Figura 4. Representação do fenômeno de anisotropia

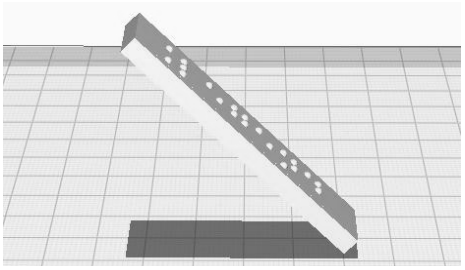

Figura 5. Placa impressa na orientação de 45º em relação à horizontal

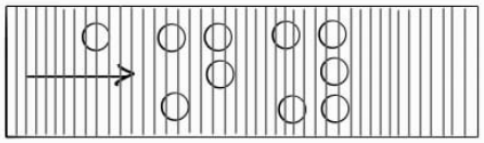

Figura 6. Disposição das camadas na peça impressa orientada

3.2. Espessura das camadas

Para estudar como a espessura de camada afeta a legibilidade, duas placas foram impressas com a mesma inclinação, porém com espessuras de camada diferentes, sendo uma com 0,2 mm de espessura, e a outra com 0,12 mm.

3.3. Achatamento

No modelo 3D da peça, foi projetado um achatamento no topo da esfera. Esse procedimento foi feito em 5 diferentes níveis, aumentando cada vez mais o raio do círculo superior, obedecendo ao diâmetro e altura que o ponto deve ter de acordo com as normas.

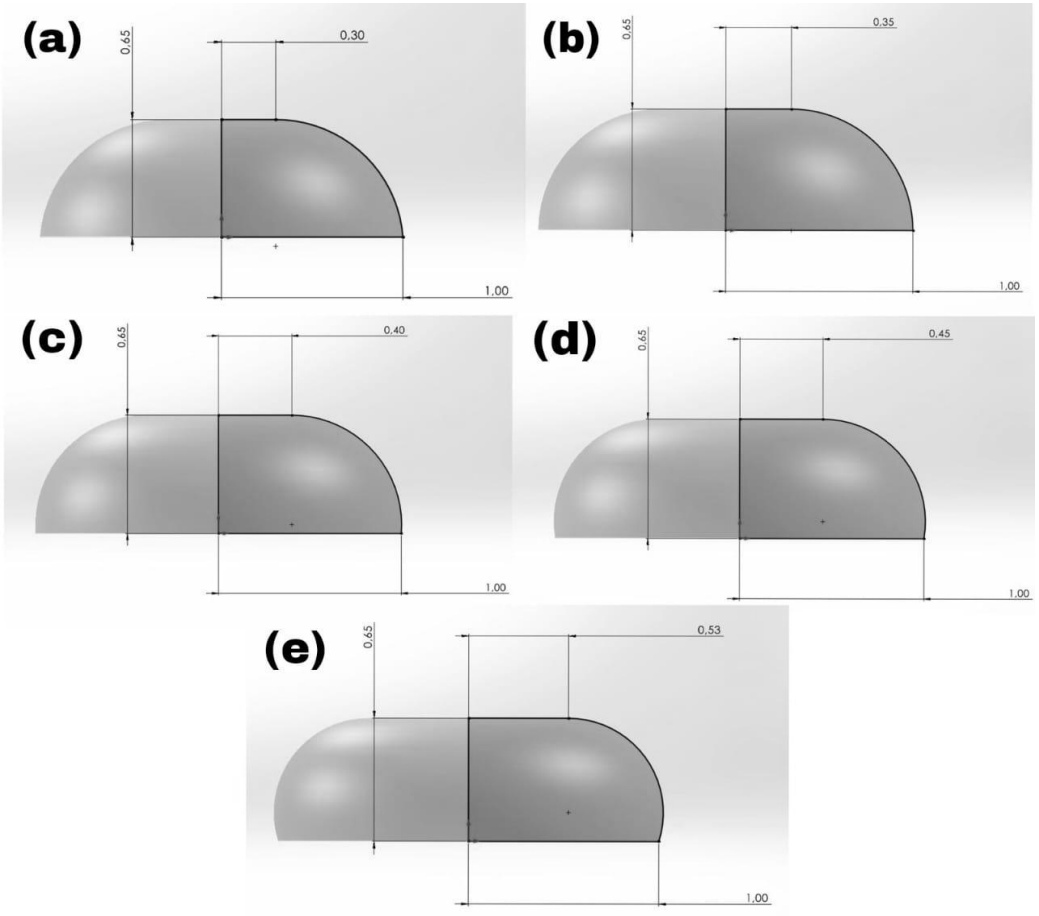

Figura 7. Desenho dos pontos Braille com achatamento superior com raio de (a) 0,30 mm. (b) 0,35 mm. (c) 0,40 mm. (d) 0,45 mm. (e) 0,53 mm.

4. Resultados e Discussão

4.1. Orientação

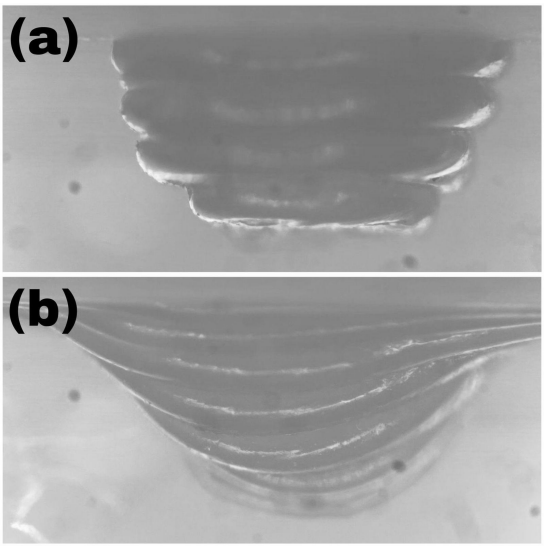

Figura 8. Macrografias dos pontos Braille impressos em orientação (a) horizontal e (b) a 45º em relação à horizontal.

Nota-se o fenômeno de degrau no ponto da primeira placa, Figura 8(a), devido à forma de dispersão das camadas, trazendo cantos mais irregulares, mesmo que em projetos arredondados, como uma semiesfera. Já na Figura 8(b), vemos um arredondado bem mais suave, com redução do fenômeno de degrau entre as camadas, trazendo um acabamento muito mais parecido com uma semiesfera, o que resultaria em um maior conforto para a leitura de textos em Braille.

4.2. Espessura das camadas

Percebe-se, na Figura 9, que a placa impressa com 0,12 mm de espessura de camada se aproximou bem mais de uma semiesfera arredondada do que a placa feita com 0,2 mm. Devido a uma maior quantidade de camadas que uma menor espessura proporciona, é menos perceptível o efeito degrau citado anteriormente, oferecendo ponto com menos resistência ao tato. Portanto, a peça feita com camadas mais finas deve proporcionar um conforto de leitura superior.

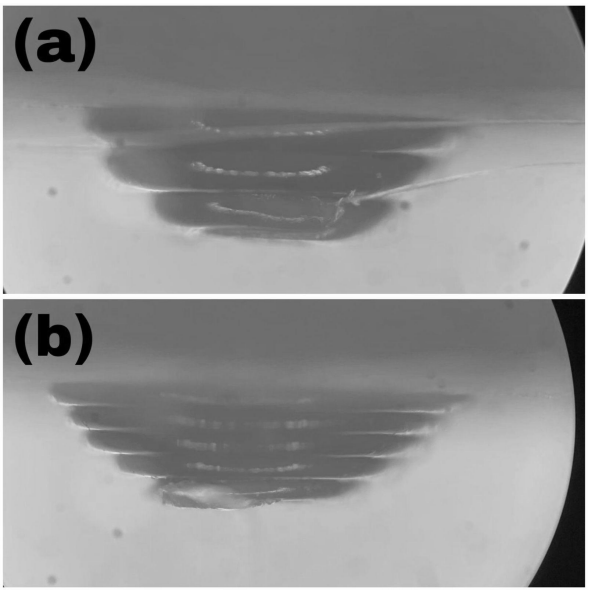

Figura 9. Macrografias dos pontos Braille impressos com espessura de camada de (a) 0,20 mm e (b) 0,12 mm.

4.3. Achatamento

Normas técnicas do Braille ([6] Instituto Benjamin Constant – IBC, 2018) definem parâmetros a serem seguidos para manter o padrão de textos e garantir boa legibilidade, como representado na Figura 10. As principais exigências são altura do ponto de 0,65 mm e ponto de formato esférico ou abobadado.

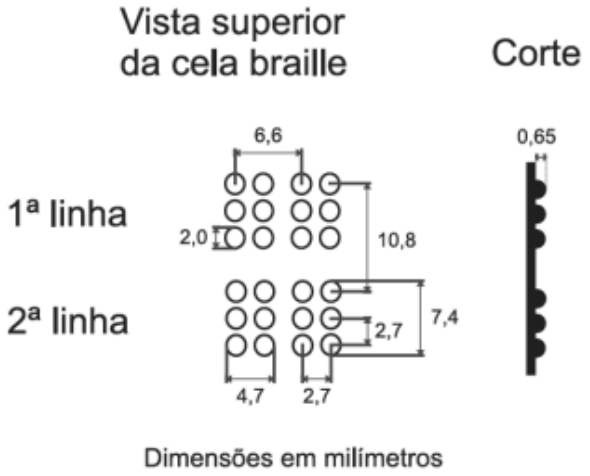

Figura 10. Normas técnicas para produção de textos em Braille. Instituto Benjamin Constant – IBC (2018).

Entretanto, analisando-se a Figura 8(b), nota-se um topo não totalmente esférico. Devido ao fato de a peça ter sido impressa com certa orientação em relação à vertical, a precisão dimensional é não extremamente correta ([7] SILVA, 2022), resultando em pontos não tão circulares e mais pontudos, causando certa resistência e possível desconforto ao tato. Devido a isso, foi feito o achatamento na superfície das semiesferas, para torná-las ainda mais arredondadas e precisas nas dimensões.

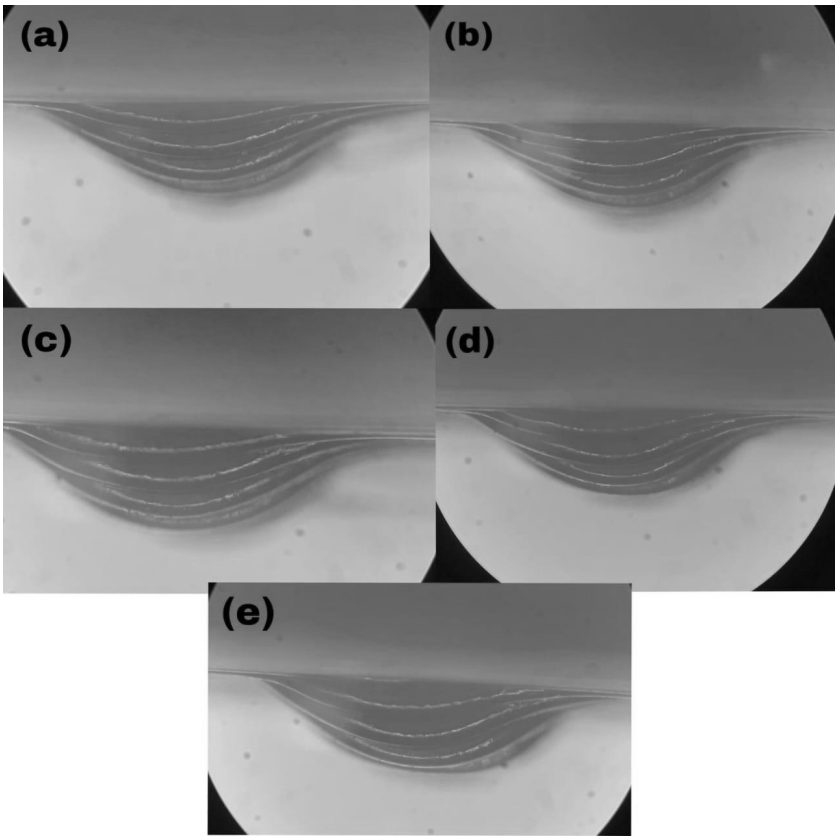

Figura 11. Macrografias dos pontos Braille impressos com achatamento de raio (a) 0,30 mm, (b) 0,35 mm, (c) 0,40 mm, (d) 0,45 mm e (e) 0,53 mm.

Mesmo que, pelas normas técnicas não seja permitido um topo chato, ao imprimir a peça com esse achatamento, foi observado pelas imagens coletadas, que ele só começa a ser visível com 0,40 mm de raio, mas com o ponto ainda permanecendo arredondado, com uma diferença significativa a partir de 0,53 mm. Esse resultado mostra que, mesmo com uma superfície planificada no modelo 3D no topo do ponto, seu resultado pode sair um pouco diferente do que é o previsto, por causa da menor precisão dimensional, devido à orientação da peça e da forma de dispersão das camadas. Dessa forma, é possível implementar um achatamento no topo do ponto de até 0,45 mm, para maior suavidade de leitura das placas e ainda assim seguindo as normas técnicas.

5. Conclusão

Esse trabalho estudou o efeito de parâmetros de impressão da técnica FDM na qualidade de peças produzidas com pontos Braille. Com relação aos parâmetros estudados, analisando a orientação, a placa impressa com orientação de 45º em relação à horizontal demonstrou acabamento superior em relação à formação de pontos com formato arredondado, tendo em vista o efeito degrau criado na peça impressa na horizontal. Já a espessura de camada teve um efeito mais positivo na placa com 0,12 mm de espessura, pois a maior quantidade de camadas proporcionou um degrau menor entre elas. Por fim, o achatamento na parte superior da semiesfera resultou em uma suavidade e arredondamento maiores na parte superior dos pontos, e também em uma possível correção em sua altura, para trazer maior conforto na leitura e continuar permanecendo dentro das dimensões estabelecidas pelas normas técnicas. Esses parâmetros podem ser aplicados em diferentes tipos de materiais em uma impressora FDM, como o PLA, o qual usamos, ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno) ou PETG. Suas características devem ser analisadas para cada tipo de ambiente que a sinalização em Braille irá ficar, a fim de promover maior resistência e vida útil.

É importante ressaltar que a Impressão 3D aplicada à Tecnologia Assistiva representa um caminho promissor para a construção de um futuro mais capacitado, principalmente através de impressoras do tipo FDM, que se demonstram como grandes promissoras para a evolução da Tecnologia Assistiva no Brasil, devido seu fácil uso, maior acessibilidade e constante evolução. O cuidado, atenção e estudo devem permanecer constantes quando se trata de produtos e serviços prestados para pessoas com qualquer tipo de deficiência, pois, algo que foi oferecido com o objetivo de ajudar, pode acabar por fazer o serviço contrário se não for feito da forma correta.

Tudo isso só reforça que ciência e inovação devem caminhar lado a lado com a inclusão social, garantindo melhor qualidade de vida, liberdade e autonomia para pessoas com deficiência.

6. Referências

[1] Delgado García, J. C.; Instituto de Tecnologia Social – ITS Brasil (org.) (2017). “Livro Branco da Tecnologia Assistiva no Brasil”. São Paulo: ITS Brasil.

[2] Silva, A. L. S. (2025). “Fatores que influenciam a aceitação da impressão 3D e de plataformas open source na tecnologia assistiva por terapeutas ocupacionais”. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Humano e Tecnologias, Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro.

[3] TECPLANER (2024). “NBR 9050: Aplicando a Norma de Acessibilidade em Projetos de Construção”. In: Blog TecPlaner, São Paulo, Brasil.

[4]Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI (2021). “Plano Nacional de Tecnologia Assistiva – PNTA”. Brasília, DF: Governo Federal.

[5] WIKA, G., GRABOWIK, C., KALINOWSKI, K., OCIEPKA, P. The influence of printing parameters on selected mechanical properties of FDM/FFF 3D-printed parts. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 277, 2017, Vol. 012033.

[6] Instituto Benjamin Constant – IBC (2018). “Normas Técnicas para a Produção de Textos em Braille – 3ª Edição”. Rio de Janeiro: IBC.

[7] SILVA, R. J. O.; DROZDA, F. O.; CHIXARO, D. S. (2022). “Precisão dimensional de corpos de prova impressos em 3D para testes de impacto IZOD”. In: Congresso Técnico-Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC, Curitiba, PR, Brasil.