



## Aplicação da Impressão 3D no Desenvolvimento de Tecnologia Assistiva para Acessibilidade nos Projetos da Engenharia Civil

### Application of 3D Printing in the Development of Assistive Technology for Accessibility in Civil Engineering Projects

Recebido: 17/11/2022 | Revisado: 22/11/2022 | Aceito: 16/12/2022 | Publicado: 18/12/2022

<https://www.doi.org/10.5281/zenodo.7452718>

#### **Renato de Brito Sanchez**

Universidade Santo Amaro (UNISA)  
Centro Universitário Eniac (ENIAC)  
<https://orcid.org/0000-0002-8335-2540>  
[renatobritosanchez@gmail.com](mailto:renatobritosanchez@gmail.com)

#### **Fernando Otacílio Mairink**

Universidade Santo Amaro (UNISA)  
<https://orcid.org/0000-0002-1850-4122>  
[fernando.mairink@gmail.com](mailto:fernando.mairink@gmail.com)

#### **Marcos de Oliveira Moraes**

Universidade Santo Amaro (UNISA)  
<https://orcid.org/0000-0002-5981-4725>  
[marcostecnologia2001@gmail.com](mailto:marcostecnologia2001@gmail.com)

#### **Cláudio Monico Innocencio**

Universidade Santo Amaro (UNISA)  
<https://orcid.org/0000-0002-8756-8576>  
[monico.claudio4@gmail.com](mailto:monico.claudio4@gmail.com)

#### **Ivan Cardoso de Sá**

Centro Universitário Eniac (ENIAC)  
<https://orcid.org/0000-0002-7578-5530>  
[ivan.cardoso@eniac.edu.br](mailto:ivan.cardoso@eniac.edu.br)

#### **Allan Miranda Pereira**

Centro Universitário Eniac (ENIAC)  
<https://orcid.org/0000-0002-2699-9276>  
[allan.miranda@eniac.edu.br](mailto:allan.miranda@eniac.edu.br)



## Resumo

Acessibilidade tem sido discutida veementemente nos últimos anos, fato que comprova com a revisão da NBR 9050 e com a inserção do Desenho Universal como conteúdo obrigatório nos currículos de todas as engenharias e arquitetura. Neste cenário, muito se aplica frente a projetos de edificações, porém com restrições devido aos materiais tradicionais, paradigma que este trabalho objetiva expor e apresentar uma solução viável por meio da manufatura aditiva, especificamente a impressão 3D. Como metodologia desenvolvida este trabalho inicialmente explorou a pesquisa bibliográfica discutir a presença de aplicações no mercado e os produtos desenvolvidos para acessibilidade em edificações com Tecnologia Assistiva, assim como posterior pesquisa descritiva analisando e discorrendo sobre estudos de caso apresentado por autores e 50 projetos de atuação dos autores desta pesquisa, envolvendo edificações suas adaptações e adequações. Dos resultados deste trabalho identificam-se que acessórios e adaptações por meio da manufatura aditiva são flexíveis quanto a usabilidade e ao perfil do usuário em relação a suas necessidades e particularidades, permitindo explorar a edificação com o contexto de universalização. Ainda há pouco uso da impressão 3D em projetos existentes ou com empresas que atuam na construção civil, seja por desconhecimento da aplicação e suas possibilidades, quanto pela atuação em um mercado conservador diante de inovações. Entretanto, expõe-se que diante do trabalho realizado, é notório que a engenharia civil e a arquitetura têm explorado esta tendência validando sua inserção para aplicações principalmente atendente ao design anatômico e preservando a ergonomia de cada pessoa.

Palavras-chave: NBR 9050. Tecnologia Assistiva. Impressão 3D. Acessibilidade. Edificação. Ambiente.

## Abstract

Accessibility has been vehemently discussed in recent years, a fact that is proven by the revision of NBR 9050 and the inclusion of Universal Design as a mandatory content in the curricula of all engineering and architecture. In this scenario, much applies to building projects, but with restrictions due to traditional materials, a paradigm that this work aims to expose and present a viable solution through additive manufacturing, specifically 3D printing. As a methodology developed, this work initially explored the bibliographical research to discuss the presence of applications in the market and the products developed for accessibility in buildings with Assistive Technology, as well as subsequent descriptive research analyzing and discussing case studies presented by authors and 50 projects of performance of the authors of this research, involving buildings, their adaptations and adaptations. From the results of this work, it is identified that accessories and adaptations through additive manufacturing are flexible in terms of usability and user profile in relation to their needs and particularities, allowing exploring the building with the context of universalization. Discussing the availability of 3D printing technology, little is found in existing projects or companies that work in civil construction, either due to lack of knowledge of the application and its possibilities, or because of the performance in a conservative market in the face of innovations. However, it is exposed that in view of the work carried out, it is clear that civil engineering and architecture have explored this trend, validating its insertion for applications mainly in line with anatomical design and preserving the ergonomics of each person.

Keywords NBR 9050. Assistive Technology. 3D printing. Accessibility. Edification. Environment.



## 1. Introdução

Afirmar que um determinado espaço presente em uma edificação existente ou em projeto, independentemente de sua aplicação, foi planejada de maneira adequada, vai muito além do que verificar se ele atende aos requisitos normativos básicos para uma edificação, ou ainda se aporta conforto e usabilidade a pessoas que tenham sua aptidão física e motora preservadas, tem sido discutido frequentemente por estudos como o de Santos et al. (2016) e Lourenço et al. (2018).

É preciso considerar que o espaço possa ser utilizado por pessoas com necessidades físicas e motoras específicas, pois a representação fiel e completa do usuário do respectivo espaço se dá após considerar tanto perfis com plenas faculdades físicas e motoras como também perfis com necessidades específicas. E não se trata apenas de incorrer ao risco de inserir um impedimento de acesso, mas também de causar uma segregação de usuários, visto que as barreiras arquitetônicas causadoras da restrição são também causa para o descumprimento de direitos constitucionais básicos a que todo cidadão deve gozar independente de sua condição ou capacidade física, ou seja, implica também no exercício da cidadania. (Castro, 2002 e Aragão e Pagliuca, 2009)

A construção civil brasileira se desenvolveu de maneira significativa nas últimas três décadas no que tange ao uso de novos materiais, tecnologias e em questões de normalização, contudo, ainda preserva uma preocupante deficiência quando o assunto é a acessibilidade nas edificações, pois mesmo tendo sido concebidas normas específicas para prescrever os critérios de acessibilidade nos projetos arquitetônicos, ainda assim, há uma discrepância muito grande entre o que prescrevem as atuais normas que orientam os projetos e o que realmente é aplicado nas atuais edificações. Santos et al. (2016), atribuem essa discrepância em grande parte à deficiência na formação técnica que carrega um déficit considerável de capacitação que aliado à falta de experiência no tema faz com que se sistematize a transgressão normativa da acessibilidade e do desenho universal nos



produtos e soluções aplicados à construção civil. Além da carência na formação técnica básica, os autores também evidenciam a falta de fiscalização como um dos fatores preponderantes para a implantação de edificações com bom nível de acessibilidade.

A população brasileira ultrapassou os 213 milhões de pessoas em meados de 2021 segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Em 1940, cada cidadão brasileiro que chegava aos 50 anos de vida, contava com uma expectativa de viver até os 69 anos, em 2019 a expectativa de vida de uma pessoa que chegava aos 50 anos era de viver até os 80 anos. Estudo como Oliveira (2019) estão alinhados com a afirmação de que o incremento da expectativa de vida do cidadão brasileiro se dá pelo avanço das tecnologias de diagnóstico preventivo de doenças, pelo avanço nas terapias de tratamento de doenças em geral, e pelo advento de novas drogas usadas no combate de patologias diversas. Somando-se a isso, a evolução dos meios de disseminação de informação como grande aliado no combate preventivo de doenças, pois, o cidadão bem-informado tende a iniciar os devidos tratamentos de maneira a não permitir o avanço das doenças ao ponto de se tornarem fatais, resulta-se em um incremento significativo da população idosa no Brasil.

Sendo assim, é certo que com o passar dos anos será ainda mais latente a necessidade de que os profissionais responsáveis por projetos, construções e reformas de edificações se atentem para a adequação dos ambientes à plena acessibilidade de usuários com necessidades específicas. Entretanto, há um entrave a ser quebrado, pois como descreve Araújo et al. (2019), há o uso da robótica como instrumento de acessibilidade na construção civil e a inclusão das pessoas com deficiência física no mercado de trabalho, que há uma grande preocupação com a inadequação das edificações e o desacordo com a Norma NBR 9050:2015 no que tange a acessibilidade e que ao considerar que a população brasileira será majoritariamente idosa em menos meio século, faz-se necessária uma atenção especial na adequação dos ambientes de uso comum das edificações para que pessoas com algum tipo de deficiência ou mobilidade reduzida

possam ter acesso pleno aos ambientes da edificação sem riscos de acidentes ou impossibilidade de circulação face à barreiras arquitetônicas.

Se for considerada a pioneira das normas técnicas para a acessibilidade tendo o viés de abrangência nacional, a NBR 9050 esteve na vanguarda pela finalidade de centralizar temas técnicos de acessibilidade e Desenho Universal às pessoas com deficiência e que fossem de fácil entendimento entre leigos, atualizando-se conforme as necessidades existentes, (Rodrigues e Bernardi, 2020). A Figura 1 apresenta as várias versões da NBR 9050 com o passar do tempo.

Figura 1 – Versões da NBR 9050.



Fonte: Rodrigues e Bernardi (2020).

Além da Norma NBR 9050:2020, publicada em 21/05/2021 pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) com o título: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos, há também uma importante Norma que prescreve o desempenho de edificações habitacionais, trata-se da ABNT NBR 15.575/2013 que direciona as exigências e o comportamento das edificações no que se refere às necessidades do usuário, a norma destaca o nível de desempenho independente dos métodos construtivos e dos materiais aplicados.



## Journal of Technology & Information

É de suma importância que Engenheiros e Arquitetos ao elaborar projetos de novas construções ou mesmo de reformas, atentem-se às normas em questão, em especial conforme preconiza a NBR 15.757/2013 e suas emendas atualizadas no ano de 2021, pois ela está em consonância com a maioria das normas em vigor, e atender a essa norma garante que com o uso de tecnologias atuais, os ambientes novos e os já existentes, sejam adequados às reais necessidades dos usuários com plena acessibilidade.

Neste contexto, o estudo de Vieira et al. (2020), destaca que mesmo diante de uma grande evolução tecnológica da impressão 3D nos últimos anos, tendo tornado a tecnologia extremamente acessível, ainda há pouca aplicação das impressoras 3D na formação de engenheiros e arquitetos. Essa lacuna na formação técnica faz com que haja uma grande defasagem de profissionais capacitados para a adequação das edificações aos requisitos normativos de acessibilidade. A impressão 3D compreende uma tecnologia de uma gama de tecnologias aplicadas para a fabricação digital, as quais fazem uso de softwares e ferramentas para modelagem tridimensional, prototipação e variedade de tipos de materiais em um mesmo processo e produto, sendo esta uma área em evolução e que tem tido a atenção na última década de centros de pesquisa, laboratórios, iniciativas privadas, empresas e startups, que além da indústria, tem desenvolvido soluções mercados como o da construção civil, arquitetura e para tecnologias assistivas e acessibilidade. (Buehler et al., 2016 e Soares, 2019)

Não obstante o direito universal de igualdade das pessoas quanto ao acesso às obras culturais e aos patrimônios históricos, sabe-se que em alguns casos, o tombamento histórico, torna a adequação da edificação praticamente impossível por meio de intervenção em alvenarias e afins, assim, o uso de tecnologias assistivas e o suporte da impressão 3D, permite solucionar inúmeros problemas de acessibilidade nesses ambientes. De Barros, Faria e De Sena (2021) trazem um estudo que aborda questões relacionadas ao acesso às informações histórico-culturais em edificações, expressando a importância da harmonização entre a legislação de proteção ao ambiente histórico e a



necessidade de adequação das estruturas existentes com a acessibilidade conforme prescrições normativas, aplicando assim os conceitos de Design Universal como metodologia.

A adequação das edificações para atender aos requisitos de acessibilidade é atribuição quase que invariavelmente do mercado de construção civil, isto posto, é preciso que este mercado e seus profissionais estejam atualizados com as novas tecnologias assistivas e de acessibilidade, e em especial, no que se refere ao estudo deste artigo, quanto ao uso de impressão 3D como uma ferramenta essencial e instrumento de transformação no sentido de atender às demandas de adequação das edificações conforme requisitos normativos. Porto (2016), aponta os avanços da tecnologia de impressão 3D e sua aplicação na construção civil, deixando evidente que essa tecnologia, além de diminuir os custos de prototipação e personalização, ainda permite a obtenção de soluções práticas que contemplam maior sustentabilidade face a mínima geração de resíduos.

Um aspecto importante apontado no estudo de Porto (2016) é que a tecnologia aditiva da impressão 3D foi experimentada e tem validade por mercados de extrema exigência quanto à qualidade e segurança, tais como: o uso em peças específicas para navios, aplicação onde as intempéries são severas, em aviões onde a questão da segurança é ainda mais considerada, e em aplicações médicas para a reprodução de órgãos e de próteses ortopédicas. Ou seja, trata-se de uma tecnologia avançada com custo acessível e aplicação validada por mercados extremamente exigentes.

Em toda esta contextualização, a mobilidade reduzida em função de determinada deficiência ou até mesmo pela idade avançada não são os únicos fatores que demandam necessidades específicas de acessibilidade em uma edificação, há também uma deficiência específica que requer especial atenção, trata-se da deficiência visual que também é tratada pelas normas e legislação vigentes. Trabalhos como o de Dias e Santos (2016) que aborda um estudo de caso realizado na Universidade Federal de Juiz de Fora,



onde a criação de um mapa tátil por meio de tecnologia assistiva, e com uso de impressão 3D, obteve êxito em melhorar a percepção ambiente de deficientes visuais.

Este trabalho propõe um estudo sobre a manufatura aditiva como processo produtivo para desenvolver adequações, por meio da Impressão 3D, de elementos que serão utilizados como tecnologia assistiva nos projetos de engenharia civil para os ambientes de uma edificação de modo a promover diversidade e flexibilidade na acessibilidade e adaptações às necessidades específicas para dos usuários. Como objetivos específicos, analisar a aplicação da impressão 3D no desenvolvimento de adaptações para as edificações considerando as utilizações atuais e a discussão acerca das aplicações em projetos de engenharia que tiveram a participação dos deste trabalho.

## 2. Referencial Teórico

A manufatura aditiva com a aplicação de impressoras 3D nos últimos anos ganhou contornos de importância e aplicabilidade com seu rápido desenvolvimento. Hoje é possível encontrar soluções simples para problemas muitas vezes complexos em ambientes onde a acessibilidade está comprometida. Nesse contexto, a aplicação de Tecnologia Assistiva se faz altamente necessária para que as soluções tenham elevado índice de assertividade. (Porto, 2016 e de Menezes Filho, Vieira e Pires, 2021)

Nishimaru (2021), apresenta uma solução de acessibilidade para usuários de cadeira de rodas em que se propõe a impressão de uma rampa portátil, ela lembra que a rampa é uma das adaptações básicas para que os usuários de Cadeiras de Rodas ou que possuam mobilidade reduzida possam ter mais acessibilidade a ambientes que apresentam declives, em especial no que se refere a locais públicos e calçadas onde não haja rebaixamento. A NBR 9050 preconiza os critérios de acessibilidade para acessos e circulação e recomenda a aplicação da rampa de acesso para superfícies de piso com declive igual ou superior a 5%, a norma orienta inclusive o dimensionamento da rampa.



A rampa portátil desenvolvida por Nishimaru (2021) teve participação de uma equipe multidisciplinar composta por profissionais de Arquitetura e de Engenharia Civil e com ampla discussão em torno do tema acessibilidade e adequação à norma NBR 9050 da ABNT. A relação da inclinação, expressa em porcentagem (%), com a altura do desnível e o comprimento da projeção horizontal é prescrita na norma como  $[i = (h \times 100) / c]$ . Sendo:  $i$  = inclinação (%);  $h$  = altura do desnível (cm); e  $c$  = comprimento da projeção horizontal (cm). A impressão 3D da rampa portátil de Nishimaru (2021) foi feita em uma impressora Stella Lite do fabricante Boa Impressão 3D que possui um bico extrusor de latão de 0,4 mm de diâmetro, enquanto Ota (2022) apresenta a impressora Tycoon Slim com mesa PEI da fabricante Kywoo3D. Ambos trabalharam o software Prusa Slicer para dividir a rampa em partes e gerar os arquivos de impressão. O filamento escolhido para a impressão foi de plástico do tipo Poliacido Láctico (PLA), um polímero láctico feito de moléculas de ácido láctico, ou seja, um ácido orgânico que tem origem biológica e pode ser obtido por meio de recursos renováveis, aportando sustentabilidade ao processo de produção e posterior descarte da rampa portátil, além de apresentarem boas características térmicas, mecânicas e estruturais. (Martinez et al., 2019 e Santana et al., 2018)

Figura 2 – Rampa Portátil.



Fonte: Adaptado de Nishimaru (2021) e Ota (2022)

São inúmeros os potenciais produtos e soluções para a acessibilidade que podem ser obtidos por meio da manufatura aditiva. Quando se consideram as Atividades da Vida Diária (AVD), é possível pensar em uma série de produtos, por exemplo, o dispositivo para acender e apagar luzes proposto por Ota (2020) em sua dissertação: Desenvolvimento de dispositivos de tecnologia assistiva baseados em impressão 3D para promover ganho de independência relacionados aos membros superiores de indivíduos com lesão medular de nível C5 e C6, o dispositivo desenvolvido é composto por duas hastes, sendo uma para aceder e outra para apagar as luzes e é adaptado ao interruptor convencional da edificação conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Hastes Liga/Desliga.



Fonte: Adaptado de Ota (2020).

Ota (2022), em apresentação realizada na Associação Pró-Cura da ELA (sigla de Esclerose Lateral Amiotrófica), aplica os principais conceitos de Tecnologia Assistiva propondo uma série de produtos que contemplam soluções de acessibilidade para diferentes tipos de necessidade e usuários diversos.

Os produtos são fabricados com a manufatura aditiva, impressão 3D, e conforme Ota (2022) são indicados para a maximização das funções dos usuários, considerando a melhoria em sua qualidade de vida, melhorando seu posicionamento, diminuindo seu gasto energético, proporcionando-lhe maior autonomia e independência em suas atividades, Figura 4, por exemplo com adaptações para maçanetas.

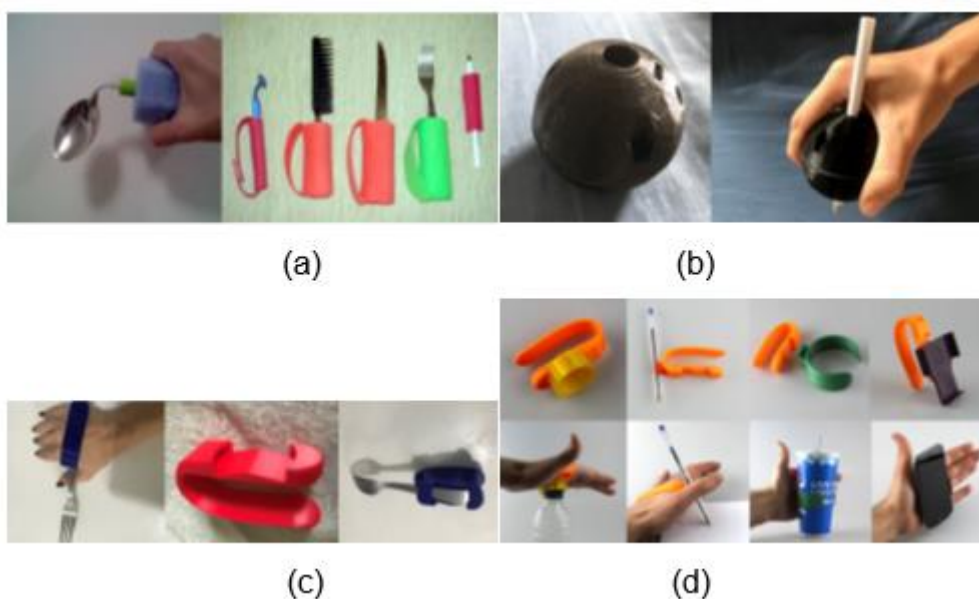
Figura 4 – Adaptação para maçaneta arredondada.



Fonte: Adaptado de Ota (2022)

Entretanto, as adaptações se diversificam, isto porque nem sempre é possível que uma adaptação fixa e única atenda a mais de um usuário com necessidades, neste caso, como verificado pela Figura 5, nota-se que adaptações menores e moldadas conforme seu usuário, permitem melhor adaptação e acessibilidade as atividades de uma edificação, pois permitirá seu usuário manipular materiais, equipamentos e dispositivos, como é o caso de engrossadores e adaptações utilizados para utensílios do dia a dia dentro de uma edificação e que permitem ao usuário utilizar de forma adequada cada ambiente. (Menezes et al., 2020, Fonseca, 2019 e Amaral et al., 2017)

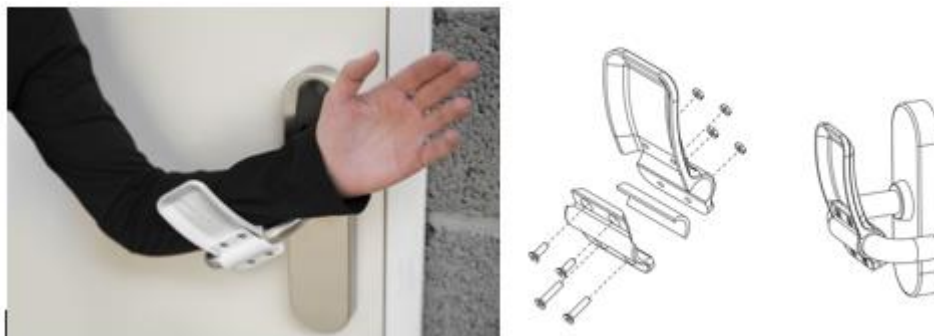
Figura 5 – (a) Engrossadores para talheres e outros. (b) Adaptação para escrita. (c) Substituidor de prensão para talheres. (d) Substituidor de prensão.



Fonte: Adaptado de Ota (2022)

Maddie (2020) em seu artigo para a Materialize, uma empresa que atua, entre outras frentes, com impressão 3D, apresenta um projeto disponibilizado gratuitamente no período de pandemia do Covid-19 para adaptação em maçanetas, a princípio uma solução que permitia que o antebraço fosse utilizado para manipular a abertura e fechamento de portas. Porém, analisando em detalhes, se torna usual como acessibilidade para pessoas que perderam parcial ou total a mobilidade das mãos, de modo a permitir que retomem nas edificações, tal ação, dado que com o dispositivo instalado basta as portas podem facilmente ser abertas e fechadas com o deslizar do antebraço no espaço entre o abridor e a porta.

Figura 6 – Adaptador de maçaneta para antebraço



Fonte: Adaptado de Maddie (2020)

Ota (2020), propõe em seu estudo três dispositivos para tecnologia assistiva, entretanto destaca-se o dispositivo para propiciar acessibilidade às atividades de alimentação com independência ou com auxílio mínimo de terceiros para portadores de lesão medular em nível C5 e C6, a Figura 7, tendo como objetivo o menor gasto energético do usuário para a realização da atividade. Isto porque, permite adequar um projeto de engenharia em ambiente, para que estruturas e móveis possam ser adaptadas e permitir a atividade de alimentação com certa autonomia.

Figura 7 – Dispositivo para permitir alimentação em pessoas com lesão medular.



Fonte: Adaptado de Adaptado de Ota (2020)

A importância de adaptadores pontuais é favorecer a acessibilidade conforme a necessidade de seu usuário e que podem figurar para situações, por exemplo, de acesso à ambientes e equipamentos, conforme exemplificado na Figura 8, que representa manipulação de chaves em fechaduras, caso em que pessoas com mobilidade reduzida ou dificuldade motora de movimento da mão e/ou dedos poderá usufruir de um grau de autonomia, visto que fechaduras mecânicas não possuem acessibilidade, pois as chaves são convencionais. Assim, como abertura de eletrodomésticos que dependem do movimento de pinça da mão ou mesmo a pegada completa, o que pode dificultar para pessoal com déficit motor, tais como idosos e/ou com traumas musculares ou neurológicos. (Ota, 2022 e Motti, 2018)

Figura 8 – Adaptador para apreensão de chave; adaptador para abrir geladeira.



Fonte: Adaptado de Ota (2022) e Motti (2018)

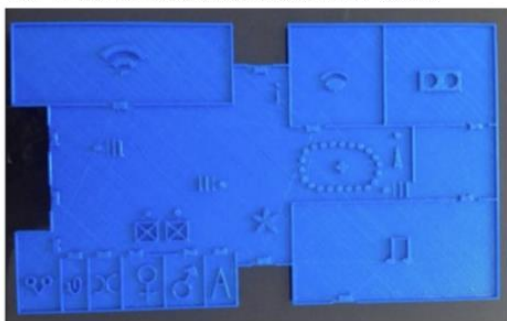
A produção de materiais táteis ganhou evidência a partir da Lei de acessibilidade, Lei 10.098/2000 que estabelece os requisitos gerais e os critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida. Araújo (2018), em seu trabalho provê o desenvolvimento de símbolos para mapa indoor a partir de impressão 3D e apresenta o estudo de caso da Universidade Federal da Bahia.

Figura 9 – Projeto do Mapa Tátil do Piso Térreo do PAF III – UFBA

Projeto do mapa tátil do piso térreo do PAF III da Universidade Federal da Bahia



Projeto do mapa tátil do piso térreo do PAF III da Universidade Federal da Bahia



Projeto da legenda do mapa tátil do piso térreo do PAF III da Universidade Federal da Bahia



Fonte: Adaptado de Araújo (2018)

Vasconcelos et al. (2020) e de Barros, Farias e de Sena (2021), reforçam que quando há a aplicação adequada das tecnologias assistivas, as pessoas com deficiência visual ganham liberdade e autonomia de escolha, permitindo a identificação de obstáculos e a certeza de sua real localização.



A acessibilidade para deficientes visuais tem na manufatura aditiva por meio da impressão 3D um grande aliado na adequação de ambientes internos e externos de maneira rápida, com elevado índice de personalização e custos cada vez mais acessíveis. Cenci e Bernardi (2016) e Bem (2016), trazem uma importante contribuição na investigação de simbologias aplicadas aos mapas e maquetes táteis.

### 3. Metodologia

Este trabalho se baseia inicialmente por uma metodologia de pesquisa bibliográfica acerca do estudo de acessibilidade em edificações, delimitando o estado da arte sobre os projetos de engenharia civil para edificações e como a impressora 3D pode promover adaptações para tornar eficiente e viável projetos de acessibilidade. A pesquisa literária se dá por trabalhos e livros publicados em anais de eventos técnicos e científicos, normas e leis, censo e dados estatísticos, repositórios e bibliotecas.

Posterior se desenvolve por uma metodologia de pesquisa descritiva considerando o estudo de aplicações práticas da impressão 3D por meio de profissionais que a aplicam em seus projetos e o estudo de 50 projetos em que os autores, Renato de Brito Sanchez e Fernando Otacílio Mairink por meio da MKSZ Engenharia e Tecnologia, atuaram envolvendo engenharia civil e arquitetura, sem delimitação de região geográfica no Brasil, considerando os projetos de ambientes, atendimentos à acessibilidade, assim como as dificuldades e métodos para implementar adaptações, inclusive quanto a tornar flexível a acessibilidade a todo e qualquer usuário que a utilizar.

Foram considerados 50 projetos da área de engenharia civil, sendo 25 diretamente da engenharia e 25 da arquitetura, todos em atuação nacional e tendo obras de construções e/ou reforma em edificações residenciais e comerciais, com a finalidade de entender a aplicação da impressão 3D diante do mercado e em relação aos projetos quanto a acessibilidade, a normalização e as adequações necessárias que para sejam implementadas. Por confidencialidade os dados dos projetos seguem em sigilo.





Todos foram analisados e discutidos quanto a perguntas associadas ao tema, sendo: (1) Os projetos possuem acessibilidade ou apenas quando solicitado?; (2) Os projetos atendem as normas vigentes, suas aplicações, premissas e requisitos?; (3) Quais as dificuldades de implementar a acessibilidade nos projetos?; (4) Os projetos tem facilidade em explorar dispositivos e elementos em projetos de acessibilidade?; (5) Acessibilidade independe do tipo de imóvel ao elaborar um projeto?; (6) Os projetos exploram todas as tecnologias disponíveis para um projeto de acessibilidade na construção civil?; e (7) Os projetos consideram as aplicações da manufatura aditiva para desenvolver dispositivos e elementos de acessibilidade?.

#### **4. Análise e Interpretação dos Resultados**

Considerou-se para os resultados a abordagem encontrada em artigos e estudos científicos realizados sobre a acessibilidade em edificações no âmbito nacional, assim como o alinhamento pleno a harmonia com as prescrições das normas NBR 15.575/2013 (ABNT 2013) sobre desempenho, e NBR 9050:2020 (ABNT 2020) sobre acessibilidade.

Cabe ressaltar que diante da pesquisa realizada é fato que a NBR 9050 evoluiu conforme a necessidade e entendimento de que o ser humano necessitava ser melhor assistido e que projetos na construção civil deveriam promover a acessibilidade independente de seu usuário, ou seja, não apenas quando lhe for exigida. Neste cenário, da criação da norma em 1985 que detinha exclusivamente a acessibilidade no meio urbano, a engenharia e a arquitetura juntas com a experiência dos construtores e profissionais de outras áreas entenderam a este deveria se tornar um documento norteador para adequar toda e qualquer edificação, situação que culminou em sua última atualização conforme exposto neste trabalho.

Conforme discutido por diversos autores, a implementação da acessibilidade pode conter limitações, custo elevado, e não atender de forma abrangente a todos os usuários de uma edificação, por particularidades de que necessita de adaptações e adequações para



determinadas atividades. Esta condição se comprova conforme explorado pelas pesquisas em que os equipamentos e dispositivos de uma edificação não são fabricados com acessibilidade, mas para adaptá-los há a necessidade de processos pouco flexíveis e materiais com dificuldade de moldar a aplicação, exemplo, as barras metálicas e suportes que são fabricados por processos convencionais de usinagem ou moldes plásticos, sendo impossível flexibilizar sua construção.

Os dados levantados pelo estado da arte do referencial teóricos permitem comparar projetos e normas da engenharia civil para a definição de ambientes, sua ocupação e utilização, assim como o estudo para acessibilidade que traça indicadores para que sejam apontadas as necessidades dos usuários quanto a sua necessidade e para tal, são propostas adequações que representam Tecnologia Assistiva às diversas atividades e ações destes usuários, particularmente por limitações motoras, sejam de origem muscular ou neurológicas, considerando ainda membros inferiores e/ou superiores.

Estas adequações são adaptações para cada perfil anatômico de usuário e consideram além das limitações de movimento, também os aspectos ergonômicos e de uso, portanto são apresentados elementos e peças construídos por impressão 3D de filamento com o intuito de popularizar e flexibilizar, assim como tornar possível sua implementação com agilidade e baseado na experiência do usuário.

Também é possível destacar que os projetos de engenharia e arquitetura não consideram em muitos dos ambientes de uma edificação, por motivos de custos, e dificuldades em adaptar projetos em alvenaria, estruturas metálicas e de madeira. Neste cenário há um grande apelo identificado pela pesquisa e utilização de profissionais manufatura aditiva, exemplo, as impressões 3D que se demonstraram compatíveis com o desenvolvimento de adaptações e projetos de acessibilidade. Isto porque, se considerarmos a manufatura aditiva em relação aos processos produtivos por manufatura subtrativa ou de conformação, em termos de custos produtivos com materiais metálicos, obtém-se uma redução de até 40% conforme estudo de Lopes (2016), enquanto Zier et al.



(2019) expõe que estes índices chegam a 82% em custo e 96% em prazo se contemplado processos que além da prototipagem tenham fornecedores terceirizados.

Esta tecnologia como pode ser verificada ao longo do trabalho permitiu que diversos profissionais da construção civil pudessem adequar atividades e ambientes em prol da acessibilidade se prejudicar as construções ou necessitar intervenções com elevado custo. Permitiram adequar os ambientes para que mais de um usuário ou necessidade possa estar simultânea, sem prejudicar a utilização e conforto. Fato este que pode ser verificado pela análise dos 50 projetos envolvidos com a engenharia civil nas construções brasileiras, confrontando as experiências obtidas em edificações existentes e projetos a serem construídos.

Todos os trabalhos foram analisados discorrendo sobre o tema e pontuando descritivamente suas respostas, assim como dispondo de suas impressões e percepções sobre as aplicações, considerações e impactos da previsão e do provisionamento da acessibilidade em projetos de engenharia civil tanto para edificações residenciais quanto comerciais, independente do requisito de um usuário em específico.

Cabe ressaltar que dos 50 envolvidos, 25 sinalizaram conhecer a normalização e praticam no mínimo as condições previstas pelos aspectos normativos, enquanto os outros 50% expuseram que integram outros profissionais de acessibilidade ou possuem uma aplicação indireta. Dos projetos 75% indicam conhecer apenas as tecnologias e materiais convencionais e apenas 10% indicam ter tido em algum momento contato com tecnologias inovadoras, seja digital ou com impressão 3D, embora todos tenham discorrido sobre as dificuldades de acesso e popularização da impressão 3D, por exemplo, tendo visto que a engenharia civil ainda possui profissionais conservadores em contraponto a arquitetura.



## 5. Conclusões

Este trabalho teve por objetivo conscientizar profissionais direta e indiretamente ligados à projetos, construções e reformas de edificações, sobre a importância de se atentar às prescrições normativas e de ter um olhar sensível às novas tecnologias que aportam soluções importantes e funcionais para elevar os níveis de acessibilidade nas edificações, considerando a plenitude no atendimento às necessidades dos usuários, independentemente de quais sejam.

Expos em seu desenvolvimento, apresentadas pelos resultados, um apontamento de soluções para o problema de inadequação das edificações, e uma importante contribuição da manufatura aditiva, por meio da tecnologia de impressão 3D que permite de maneira rápida e flexível, nos dias de hoje com custo acessível, prover adequações às mais diversas necessidades dos usuários, tais como: acesso à pisos desnivelados, abertura de portas de acesso ou de eletrodomésticos, acionamento de equipamentos, entre outros.

Cabe ressaltar como proposta futura ou de continuidade a este trabalho que seja realizado um estudo em conjunto com a área da saúde para qualitativamente apontar a experiência de pessoas com necessidades de acessibilidade, assim como elaborar especificamente elementos e dispositivos de tecnologia assistiva para que sejam ensaiados pela engenharia e testados por portadores de necessidades a fim de validá-los com rigor técnico e científico.



## Referencial Bibliográfico

- Amaral, D. S., Sanguinetti, D., da Silva, J. C. A., Caldas, P. R., da Costa, J. Â. P., & da Silva Cabral, A. K. P. (2017). Tecnologia assistiva em 3D para pessoas com déficit de função manual por doença de parkinson/Assistive Technology in 3d for people with manual function deficit in parkinson's disease. *Revista Interinstitucional Brasileira de Terapia Ocupacional-REVISBRATO*, 1(4), 465-474.
- Aragão, A. E. D. A. A., & Pagliuca, L. M. F. ASSOCIAÇÃO DAS PESSOAS COM NECESSIDADES ESPECIAIS COMO AMBIENTES DE CONSTRUÇÃO DE ESPAÇOS ACESSÍVEIS: RELATO DE EXPERIÊNCIA, 2009.
- Araújo, K. G. D. D. (2019). A robótica como instrumento de acessibilidade na construção civil: inclusão das pessoas com deficiência física no mercado de trabalho.
- Araújo, N. S. D. (2018). Desenvolvimento de símbolos para mapa tátil indoor a partir de impressora 3D.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050: (2015). Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. *Rio de Janeiro*.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: (2013). Desempenho de edificações habitacionais-Requisitos. *Rio de Janeiro*.
- Bem, G. M. D. (2016). Parâmetros de fabricação de símbolos para mapas táteis arquitetônicos.
- Buehler, E., Comrie, N., Hofmann, M., McDonald, S., & Hurst, A. (2016). Investigating the implications of 3D printing in special education. *ACM Transactions on Accessible Computing (TACCESS)*, 8(3), 1-28.
- BRASIL. Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000. Estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, p. 2-2, 2000.
- Caldas, L. R., Moreira, M. M., & Sposto, R. M. (2015). Acessibilidade para pessoas com mobilidade reduzida segundo os requisitos da norma de desempenho-um estudo de caso para as áreas comuns de edificações habitacionais de Brasília-DF. *REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, 10(2).
- Castro, A. (2002). Espaços públicos, coexistência social e civilidade: contributos para uma reflexão sobre os espaços públicos urbanos. *Cidades, comunidades e territórios*, (5).
- Cenci, C. A., & BERNARDI, N. (2016). Maquetes Táteis produzidas a partir de Técnicas de Fabricação Digital: investigação de simbologia para orientação espacial de deficientes visuais. *Blucher Design Proceedings*, 2(7), 248-259.
- de Barros, T. B., Faria, J. R. F., & de Sena, P. S. (2021). Design universal aplicado ao projeto de acessibilidade cultural. *DAT Journal*, 6(2), 308-330.
- de Menezes Filho, W. V., Vieira, D. B., & Pires, P. F. (2021). O Futuro da Impressão 3D na Engenharia Brasileira. *Anais do SIMPÓSIO NACIONAL DE CIÊNCIAS E ENGENHARIAS (SINACEN)*, 6(1), 172-178.
- Dias, G. S., & Santos, I. M. (2016). Criação de um Mapa Tátil através da Tecnologia Assistiva: mais Acessibilidade aos Deficientes Visuais com a utilização da Impressão 3D. *Blucher Design Proceedings*, 2(9), 5386-5397.



- Fonseca, M. D. C. R. DESENVOLVIMENTO DA VERSÃO BRASILEIRA ADAPTADA DO TESTE FUNCIONAL DA MÃO JEBSEN TAYLOR. In *ANAIS DO XV CONGRESSO BRASILEIRO DE REABILITAÇÃO DA MÃO 2019*.
- Lopes, G. T. F. (2016). Exploração das possibilidades da impressão 3D na construção.
- Lourenço, A. R., da Luz, L. O. M., dos Santos Fialho, S. H. B., Miranda, M. A. R., & Nunes, R. A. F. (2018). Arquitetura Sustentável Planejada com Acessibilidade. *Revista da META*.
- MADDIE. Slowing Coronavirus Spread With 3D-Printed Hands-Free Door Openers. Materialize, 2020. Disponível em: <<https://i.materialise.com/blog/en/3d-printed-hands-free-door-openers/>>. Acesso em: 25 ago 2022.
- Martinez, A. C. P., de Souza, D. L., dos Santos, D. M., Pedroti, L. G., Carlo, J. C., & Martins, M. A. D. (2019). Avaliação do comportamento mecânico dos polímeros ABS e PLA em impressão 3D visando simulação de desempenho estrutural. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, 14(1), 125-141.
- Menezes, V. N., Felizardo, M. G., Goia, D. N., & Elui, V. M. C. (2020). Desenvolvimento de tecnologia assistiva para escrita e digitação através da impressão 3D. *Brazilian Journal of Development*, 6(7), 49748-49764.
- Motti, V. (2022). Acessibilidade na Impressão 3D: conheça 5 ideias. Produteca Ideias Tangíveis, 2018. Disponível em: < <https://www.produtecalab.com.br/acessibilidade-na-impressao-3d-conheca-5-ideias/>>.
- Nishimaru, J. Y. C. (2021). Análise e desenvolvimento de rampa portátil em impressão 3D para cadeira de rodas. Orientadora: Natacha Harumi Ota. 2021. 72 f. Monografia (Especialização) – Curso de Especialista em Tecnologia Assistiva, Departamento de Oftalmologia e Ciências Visuais, Universidade Federal de São Paulo – Escola Paulista de Medicina.
- Oliveira, A. S. (2019). Transição demográfica, transição epidemiológica e envelhecimento populacional no Brasil. *Hygeia-Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde*, 15(32), 69-79.
- Ota, N. H. (2020). Desenvolvimento de dispositivos de tecnologia assistiva baseados em impressão 3D para promover ganho de independência relacionados aos membros superiores de indivíduos com lesão medular de nível C5 e C6. Orientadora: Silvia Regina Matos da Silva Boschi. 2020. 66 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Mestrado em Engenharia Biomédica, Universidade de Mogi das Cruzes,
- OTA, N. H. (2022). Recurso de tecnologia: alta e baixa complexidade na esclerose lateral amiotrófica. Lives Especiais, Associação Pró-cura da ELA. 27 jun. 2022. Apresentação do Power Point.
- Porto, T. M. S. (2016). Estudo dos avanços da tecnologia de impressão 3D e da sua aplicação na construção civil. *Trabalho Final de Graduação. UFRJ, Rio de Janeiro*, 9.
- Rodrigues, J. C. M., & Bernardi, N. A ABNT NBR 9050: A difusão da acessibilidade pela Norma.
- Santana, L., Alves, J. L., Sabino Netto, A. D. C., & Merlini, C. (2018). Estudo comparativo entre PETG e PLA para Impressão 3D através de caracterização térmica, química e mecânica. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 23.



## Journal of Technology & Information

- Santos, H. B., Santos, D. V. C., Souza, R. R. G., Santana, C. O., & Souza, E. B. O. DESAFIOS À IMPLEMENTAÇÃO DA ACESSIBILIDADE UNIVERSAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA.
- Soares, J. M. M. (2019). Tecnologia Assistiva, Impressão 3D e Indústria 4.0. In *CONGRESSO BRASILEIRO PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN*, Vol. 13, pp. 1-15.
- Vasconcelos, B. M., de Sousa Teti, B., Figueira, A. D. M. A., & da Silva Gonçalves, L. M. (2020). Tecnologias assistivas destinadas à orientação espacial, identificação de obstáculos e guiamento de pessoas com deficiência visual. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, 15(2), 52-68.
- Vieira, M. D. O. (2020). Iniciativas inovadoras que promovem acessibilidade.
- Zier, A. F., Lemos, A. D. N. F., de Melo Volpato, E., de Campos Fatuch, I., de Oliveira, R. P., & dos Santos, A. M. (2019). ESTUDO DA PROTOTIPAGEM RÁPIDA POR MEIO DA IMPRESSÃO 3D E SEU EFEITO NA REDUÇÃO DE CUSTOS E PRAZOS DOS PROJETOS DE PRODUTO. *Memorial TCC Caderno da Graduação*, 5(1), 301-318.