REVISTA DESIGN & TECNOLOGIA
ISSN: 2178-1974
2022, Vol. 12, No. 25
DOI 10.23972/det2022iss25pp01-17

PGDESIGN
www.pgdesign.ufrgs.br

Utilização do *displacement map* na criação de recursos auxiliares à educação inclusiva para Pessoas com Deficiência Visual

Hércules M. S. Monteiro[1]; Lucas J. Garcia[2]

1 *Programa de Pós-Graduação em Design, Departamento de Design, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil*

2 *Núcleo de Design e Comunicação, Campus Agreste, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, Brasil*

RESUMO

Globalmente, cerca de 2,2 bilhões de pessoas possuem algum tipo de deficiência visual. Em um mundo cercado e priorizado por informações visuais, o comprometimento da visão pode acarretar em dificuldades no desenvolvimento pleno do indivíduo. Na educação, encontra-se uma carência de recursos táteis, o que dificulta o processo de aprendizagem desses indivíduos. Nesse contexto, o presente artigo teve como objetivo apresentar a aplicação da ferramenta *displacement map* – um recurso que modifica a superfície e a geometria de um modelo digital - para a conversão de imagens bidimensionais em tridimensionais no desenvolvimento de recursos de Tecnologia Assistiva para auxílio à educação inclusiva para Pessoas com Deficiência Visual (PDV). Para tanto, a pesquisa foi dividida em duas fases, são elas: fase 1 (compreensão), que consistiu na realização do referencial teórico; enquanto a fase 2 (aplicação), se refere a parte prática da pesquisa. Esta etapa foi guiada pelo GODP – Guia de Orientação para Desenvolvimento de Projetos. Inicialmente, buscou-se compreender as demandas de uma instituição que atende PDV, os passos seguintes estão relacionados com a realizações dos testes, tanto com o *displacement map*, quanto com a impressão 3D. Por fim, foram realizadas avaliações com os usuários para validar a utilização da ferramenta. A partir disso, evidenciou-se que o *displacement* possui potencial para agilizar a modelagem tridimensional de recursos educacionais através da conversão automática de imagens bidimensionais em tridimensionais. Assim, pode-se concluir que a materialização dos modelos gerados a partir do *displacement* possibilitou que usuários compreendessem as formas e símbolos presentes, bem como a altura das extrusões se apresentou de forma satisfatória para a compreensão das imagens, possibilitando que a ferramenta possa ser utilizada no desenvolvimento de recursos educacionais para auxiliar não apenas PDV, mas também pessoas que não possuem deficiência. Essa perspectiva está relacionada com as bases da Educação Inclusiva, assim como se alinha aos objetivos do Design Inclusivo e Design Universal para Aprendizagem. Por fim, a pesquisa não esgota a possibilidade de novos estudos relacionados com a aplicação do *displacement map*.

PALAVRAS-CHAVE

Deficiência Visual;
Educação Inclusiva;
Recurso Educacional Tátil;
Design Inclusivo;
Impressão 3D

Use of the displacement map in the creation of auxiliary resources for inclusive education for People with Visual Impairments

ABSTRACT

Globally, about 2.2 billion people have some type of visual impairment. In a world surrounded and prioritized by visual information, the impairment of vision may lead to difficulties in the full development of the individual. In education, there is a lack of tactile resources, which hinders the learning process of these individuals. In this context, this paper aimed at presenting the application of the displacement map tool - a resource which modifies the surface and the geometry of a digital model - for the conversion of two-dimensional images into three-dimensional ones in the development of Assistive Technology resources to aid inclusive education for Visually Impaired Persons (VDP). To this end, the research was divided into two phases, as follows: phase 1 (understanding), which consisted of the realization of the theoretical framework; while phase 2 (application), refers to the practical part of the research. This stage was guided by the GODP - Guiding Guide for Project Development. Initially, it was sought to understand the demands of an institution that serves POS, the next steps are related to the realization of tests, both with the displacement map, and with 3D printing. Finally, evaluations were performed with users to validate the use of the tool. From this, it was evident that displacement has the potential to speed up the three-dimensional modeling of educational resources through the automatic conversion of two-dimensional images into three-dimensional ones. Thus, it can be concluded that the materialization of the models generated from displacement allowed users to understand the shapes and symbols present, as well as the height of the extrusions was satisfactory for the understanding of the images, enabling the tool to be used in the development of educational resources to assist not only POS, but also people who do not have disabilities. This perspective is related to the foundations of Inclusive Education, as well as aligns with the goals of Inclusive Design and Universal Design for Learning. Finally, this research does not exhaust the possibility of further studies related to the application of the displacement map.

KEYWORDS

Visual impairment;
Inclusive education;
Educational resource;
Inclusive Design;
3D printing

CONTATO: Hércules M. S. Monteiro – herculesmanoel@gmail.com / Lucas J. Garcia – lucas.jgarcia@ufpe.br

© 2022 – Revista Design & Tecnologia

1. INTRODUÇÃO

As condições oculares são consideravelmente comuns para o ser humano. Pelo menos uma dessas condições será experimentada por aqueles que viverem o suficiente (WHO, 2022a). Como consequência do aumento da expectativa de vida, espera-se que as condições relacionadas ao envelhecimento aumentem o risco de mais pessoas adquirirem deficiência visual (WHO, 2022b). A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que, globalmente, cerca de 2,2 bilhões de pessoas possuem deficiência visual, dos quais cerca de 1 bilhão poderiam ter sido evitadas ou não foram resolvidas, podendo ainda serem tratadas (WHO, 2022a, 2022b).

Em contexto regional, o comprometimento da visão para longe prevalece cerca de quatro vezes maior em regiões de baixa e média renda do que em regiões de alta renda. Essa desigualdade ocorre também entre os casos não tratados de deficiência visual para perto, nos quais regiões como a África Subsaariana concentram mais de 80% dos casos em comparação a outras regiões do planeta (WHO, 2022b). Ainda, de acordo com a OMS, essa distribuição contribui para a variação substancial das causas que levam ao comprometimento da visão, pois está relacionado com a disponibilidade de serviços de saúde para atenção ocular, bem como a alfabetização da população sobre cuidados oculares.

Independentemente de sua faixa etária, o comprometimento visual grave impossibilita o desenvolvimento e a plena participação do indivíduo na sociedade. De acordo com a OMS, essa condição em crianças gera consequências para toda a vida, devido ao atraso ocasionado ao desenvolvimento das funções motoras, linguísticas, emocionais, sociais e cognitivas. Da mesma forma, as consequências impactam crianças em idade escolar ao acarretarem nos níveis mais baixos de desempenho escolar (WHO, 2022b).

Na fase adulta, o comprometimento da visão impacta de forma severa na qualidade de vida, resultado das maiores taxas de depressão e ansiedade, além das baixas taxas de participação e produtividade no trabalho dessa população (WHO, 2022b). Os casos de deficiência visual são mais comuns em pessoas com idades superiores a 50 anos (HADDAD et al., 2018; WHO, 2022a). Em idosos, a deficiência visual acarreta na dificuldade de locomoção, aumenta os riscos de queda e fraturas, contribuindo para o isolamento social dessa população (WHO, 2022b).

Em ambientes escolares e universitários, as dificuldades enfrentadas por Pessoas com Deficiência Visual (PDV) em disciplinas que possuem uma maior quantidade de informações visuais são acentuadas pela carência de recursos auxiliares de ensino. Nesse contexto, o desenvolvimento de recursos educacionais táteis, a partir dos princípios do Design Centrado no Usuário, aliado à fabricação digital, impactam positivamente as PDV, possibilitando a inclusão e a facilitação do seu processo de aprendizagem (BRENDLER et al., 2014).

Além disso, o desenvolvimento de recursos educacionais táteis, torna-se uma ferramenta inclusiva, pois permite a integração por um maior número de alunos. Nesse sentido, Brendler et al. (2014), afirmam que tais recursos auxiliam tanto as PDV como também os alunos que não possuem deficiência, pois os objetos elaborados servem como apoio visual tridimensional, podendo ser utilizados em diversas circunstâncias de ensino. Assim, além do suporte ao aluno, esses recursos contribuem também para o professor, como uma forma de apoio ao suporte didático e de material formativo, além de outros aspectos (BRENDLER et al., 2014).

No entanto, apesar dos benefícios acerca dos recursos táteis para a educação inclusiva, Simui et al. (2018), analisaram produções científicas de 16 países sobre os aspectos relacionados ao ensino inclusivo para estudantes com deficiência visual no ensino superior. Nesse estudo, os autores identificaram que apesar de todos os avanços dos países, os alunos com deficiência visual não foram ainda totalmente incluídos.

Nesse cenário, os autores identificaram que entre os países em desenvolvimento existem ainda muitos obstáculos no processo de implementação da educação inclusiva, os alunos com deficiência visual continuam a enfrentar barreiras físicas, atitudinais e institucionais. Em alguns países foi observado que professores encaram a educação inclusiva de forma negativa, pois acreditam que a inserção de alunos com deficiência em classes regulares poderá levar os padrões acadêmicos mais baixos. Além disso, identificou-se também a falta de material de aprendizagem para PDV, dificultando a aprendizagem desses indivíduos, e obrigando-os a abandonar disciplinas devido à falta desses recursos para educação inclusiva (SIMUI et al., 2018).

Nesse contexto, Chicca Junior, Castillo e Coutinho (2015) e Muniz e Okimoto (2021) incentivam e acreditam no potencial da impressão 3D para o desenvolvimento de recursos didáticos táteis, que possibilitem a acessibilidade para alunos com deficiência visual, além de se tornar uma estratégia de democratização do ensino. Visto que os autores ressaltam a importância da utilização da abordagem do Design Centrado no Usuário que permitem a aplicação desses objetos por um maior número de pessoas, sejam eles alunos com deficiência ou não (CHICCA JUNIOR; CASTILHO; COUTINHO, 2015; MUNIZ; OKIMOTO, 2021).

Para além disso, o *displacement map*, uma tecnologia que modifica a superfície e a geometria de um modelo digital, comumente na computação gráfica para tornar as imagens digitais mais realistas, pode ser um aliado a Educação Inclusiva. Dessa forma, juntamente com a aplicação da manufatura aditiva (impressão 3D) em diversos campos do conhecimento, faz-se necessário o desenvolvimento de estudos com aplicações práticas através do emprego de métodos não convencionais de desenvolvimento de modelagem assistida por computadores. Diante do exposto, o presente artigo objetiva **apresentar a aplicação da ferramenta *displacement map* para a conversão de imagens bidimensionais em tridimensionais no desenvolvimento de recursos assistivos para auxílio à educação inclusiva para Pessoas com Deficiência Visual**.

Para tanto, o estudo guiou-se através dos seguintes caminhos: (i) aprofundar os conhecimentos sobre os aspectos envolvidos nos temas que cercam a pesquisa; (ii) identificar quais são as demandas mais urgentes relacionadas a educação dos usuários envolvidos no estudo; (iii) realizar testes de conversão de imagens bidimensionais para imagens tridimensionais com a ferramenta *displacement map*; e (iv) avaliar as soluções desenvolvidas com usuários reais.

Dessa forma, o presente artigo está estruturado da seguinte forma: inicialmente será apresentada uma revisão da literatura sobre a deficiência visual, a educação inclusiva, manufatura aditiva e as ferramentas de mapas de textura; após a apresentação teóricas desses temas, são expostos os resultados práticos da pesquisa como o levantamento das demandas da instituição, a realização dos testes iniciais, a escolha do modelo e os testes e avaliação dos modelos com os usuários reais; em seguida, é apresentado um tópico de discussão; por fim, as considerações finais encerram a parte escrita da pesquisa.

2. METODOLOGIA

Com relação a natureza da pesquisa, tal se classifica como aplicada, pois possibilitou a execução prática de conhecimentos gerados com o intuito de solucionar problemas específicos

(PRODANOV; FREITAS, 2013). Em relação ao ponto de vista dos seus objetivos, se caracteriza como descritiva, uma vez que foram realizadas a descrição das características de determinados fenômenos observados, bem como a identificação de possíveis relações entre variáveis (GIL, 2022; PRODANOV; FREITAS, 2013).

Sob a ótica do ponto de vista da abordagem do problema, a pesquisa se classifica como qualitativa, a qual de acordo com Prodanov e Freitas (2013), esse tipo de abordagem, dentre outras características, possui foco no processo e em seu significado. Desse modo, "o pesquisador mantém contato direto com o ambiente e o objeto de estudo em questão, necessitando de um trabalho mais intensivo de campo" (PRODANOV; FREITAS, 2013, p. 70).

A pesquisa se guiou através do método indutivo, o qual se apoia nos dados coletados em casos particulares, da realidade concreta, para algo mais amplo e geral, resultando em generalização (GIL, 2019; PRODANOV; FREITAS, 2013). Nesse aspecto, Gil (2019, p. 11) destaca que com o raciocínio desse método "[...] a generalização não deve ser buscada aprioristicamente, mas constatada a partir da observação de casos concretos suficientemente dessa realidade".

Com relação ao método técnico da investigação, utilizou-se o método observacional, o qual "[...] possibilita o mais elevado grau de precisão nas ciências sociais" (GIL, 2019, p. 16). Em conjunto com o método monográfico que considera "[...] o estudo de um caso em profundidade pode ser considerado representativo de muitos outros ou mesmo de todos os casos semelhantes" (GIL, 2019, p. 18).

A pesquisa foi executada em duas fases, as quais se apoiaram nos procedimentos técnicos. As fases da pesquisa consistem em:

Fase 01 (Compreensão): Nesta fase foi realizada uma pesquisa bibliográfica, a qual de acordo com Prodanov e Freitas (2013) é fundamental para todos os tipos de pesquisa, devido a necessidade do referencial teórico. A busca pelos materiais que embasaram esta fase da pesquisa foi realizada de forma assistemática, em mecanismos de busca como o Google Acadêmico; em bases de dados através do Periódicos Capes; além de livros e sites de instituições especializadas relacionadas ao tema;

Fase 02 (Aplicação): Nesta etapa foi realizada uma pesquisa-ação: a qual Gil (2022, p. 54) destaca que esse tipo de pesquisa possui "[...] características situacionais, já que procura diagnosticar um problema específico numa situação específica, com vistas a alcançar algum resultado prático". Nessa fase, foram realizadas visitas a Associação Caruaruense de Cegos com o objetivo de compreender as principais demandas relacionadas a educação inclusiva das pessoas com deficiência visual. Além disso, foram realizadas as aplicações com a ferramenta *displacement map* e os testes com os usuários reais. Para guiar esta fase, foi utilizado o Guia de Orientação para Desenvolvimento de Projetos (GODP), o qual é descrito no tópico a seguir.

2.1 Guia de Orientação para Desenvolvimento de Projetos (GODP)

Para apoiar o processo de aplicação e validação da ferramenta *displacement map*, utilizou-se o Guia de Orientação para Desenvolvimento de Projetos: uma metodologia de design centrado no usuário (GODP), desenvolvido por Merino (2016). Apesar de o objetivo do presente artigo não ser a apresentação do desenvolvimento de um produto, mas a apresentação da aplicação de uma ferramenta (*displacement map)* no desenvolvimento de recursos educacionais. Decidiu-se utilizar GODP como uma forma de auxiliar as etapas mais práticas da pesquisa, permitindo manter o usuário no centro do projeto.

O GODP é um guia de orientações que visa organizar e oferecer uma série de ações que possibilitem a aplicação do design de forma consciente aos objetivos fixados para o projeto. A metodologia se baseia em oito etapas fundamentadas na coleta de informações que se referem "ao desenvolvimento da proposta, o desenvolvimento criativo, a execução projetual, a viabilização e verificação final do produto" (MERINO, 2016, p. 12). Contudo, para atender as necessidades da presente pesquisa, foram utilizadas de forma estratégica as etapas-chave do GODP, tais etapas são ilustradas na Figura 1.

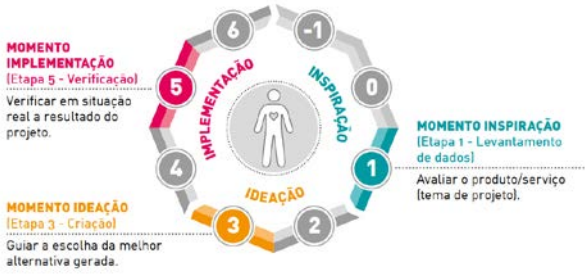


Figura 1 Momentos e etapas-chave do GODP para utilização de técnicas e ferramentas. Fonte: Merino, 2016.

De acordo com Merino (2016, p. 17), as etapas-chave "permitem ao projetista o uso de técnicas e ferramentas que permitem avaliar, guiar e verificar o projeto (produto/serviço) durante o desenvolvimento". Estas etapas estão presentes em cada um dos grandes momentos do projeto, intitulados no GODP de Inspiração, Ideação e Implementação. A pesquisa guiou-se através das etapas 1, 3 e 5. A seguir, são descritas como tais etapas foram desenvolvidas e utilizadas na pesquisa.

Etapa 1 – Levantamento de dados: consiste na coleta de dados em diferentes fontes, na qual se recomenda a realização de visitas a campo, levantamento de material bibliográfico, dentre outros. Para tanto, pode se utilizar de questionários, entrevistas, bem como outros materiais de coletas (MERINO, 2016). Na presente pesquisa, essa etapa correspondeu ao levantamento de demandas da instituição. Para tal, foram feitas visitas presenciais nos dias 26 de maio e no dia 02 de junho de 2022. Nessas visitas foram realizadas entrevistas informais, as quais permitiram uma melhor abertura entre as pessoas envolvidas, além de resultar uma coleta com informações mais completas.

Etapa 3 – Criação: Constitui-se na geração de conceitos e alternativas de projeto, a qual, no final é feita a escolha da alternativa que melhor corresponde aos parâmetros do projeto (MERINO, 2016). Nessa etapa, definiu-se qual seria a demanda da instituição que serviria como aporte para a realização dos testes com a ferramenta *displacement map.* Assim, foram feitos os testes iniciais com a ferramenta e com dois *softwares CAD*; finalização dos testes no programa de modelagem; desenvolvimento de versão alternativa para impressão; escolha das versões para impressão; e impressão dos modelos para os testes com usuários. Os modelos foram impressos na impressora *SETHI3D S4X*, presente no ambiente compartilhado entre os laboratórios entre os laboratórios LabDIn, ErgoQG e o grupo de pesquisa Proejtos Multidisciplinares Centrados no Usuário (UPLab) da UFPE/CA.

Etapa 5 – Viabilização: Compreende as verificações finais e viabilização da produção. Recomenda-se a testagem do produto em situação real, podendo fazer o uso de ferramentas especificas de avaliação (MERINO, 2016). Nessa etapa, foram realizados os testes de dois modelos com os usuários reais. Para tanto, foi desenvolvido um questionário de avaliação, que contou com uma escala de *Likert* de 3 pontos, os parâmetros de análise considerados foram: compreensão individual das

formas; altura do relevo; dimensões gerais da peça; compreensão geral; e utilização independente. Os parâmetros de análise foram desenvolvidos a partir dos aspectos de percepção das informações para Pessoas com Deficiência Visual descritas na literatura, os quais são aprofundados na seção do referencial teórico. O questionário foi aplicado em dois momentos na instituição, nos dias 25 e 27 de junho de 2022.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Nas próximas seções é apresentado a revisão de literatura, que corresponde a etapa 1 da pesquisa (levantamento). Os temas apresentados possuem relação com os principais tópicos da pesquisa, são eles: conceituações sobre deficiência visual; Aproximações entre a educação inclusiva, Design Inclusivo, Tecnologia Assistiva e Design Centrado no Usuário; Manufatura Aditiva; e ferramenta *displacement map*. A busca se estendeu em livros, capítulos de livros, artigos científicos nacionais e internacionais e em sites de instituições especializadas.

3.1 Deficiência Visual

Diversos aspectos da vida do ser humano estão organizados em torno da visão, isso porque as sociedades foram construídas baseadas na capacidade de ver (WHO, 2019). Estima-se que o sistema visual consegue detectar e compreender, instantaneamente, mais de 80% dos estímulos em ambientes (SÁ; CAMPOS; SILVA, 2007). Nesse sentido, a visão exerce um papel crítico na vida do ser humano pois auxilia na realização de atividades cotidianas e permite que as pessoas prosperem em cada fase da vida (WHO, 2019).

A Classificação Internacional de Doenças - versão 11 (CID-11), que entrou em vigor no início de 2022, define que a deficiência visual consiste em um comprometimento resultante de alguma condição ocular que afeta o sistema visual em uma ou mais de suas funções de visuais (ICD, 2022). Geralmente, o grau de deficiência visual é medido pela acuidade visual, tendo como níveis de categorização leve, moderada ou grave, referentes a dificuldade de visão para longe ou cegueira; e deficiência visual para as dificuldades de visão para perto. Além disso, no cenário clínico, são avaliadas outras funções visuais, como o campo de visão, a sensibilidade ao contraste e a visão de cores (ICD, 2022; WHO, 2019).

São consideradas pessoas cegas todas aquelas que possuem incapacidade total para ver e aquelas que possuem prejuízos da visão em níveis que impeçam o exercício de tarefas rotineiras, mesmo possuindo certo grau de eficiência visual (OTTAIANO et al., 2019). Essa condição se classifica em duas modalidades: a cegueira congênita, a qual ocorre desde o nascimento do indivíduo; e a cegueira adventícia ou adquirida, resultante de eventos acidentais ou de causas orgânicas (SÁ; CAMPOS; SILVA, 2007).

Em sua grande maioria, a deficiência visual ocorre entre pessoas com 50 anos de idade ou mais, essa faixa etária corresponde a cerca de 82% do total de pessoas cegas. Em crianças a prevalência é cerca de 10 vezes menor. Apesar disso, a cegueira infantil continua a ser uma alta prioridade para os serviços de saúde. Estima-se que cerca da metade dos casos de cegueira em crianças poderiam ter sido evitados. Ainda, em todas as regiões do mundo e independente da faixa etária, as mulheres possuem riscos significativamente maiores de adquirirem deficiência visual do que homens. O fato está associado a expectativa de vida maior para o sexo feminino e a falta de acesso aos serviços nas sociedades mais pobres (OTTAIANO et al., 2019).

Existem uma série de fatores de risco e causas que geram as doenças oculares, tais como o envelhecimento, estilo de vida relacionados com a exposição e comportamentos, infecções e várias outras condições de saúde. As principais causas que geram a deficiência visual estão relacionadas com as doenças oculares, que surgem, muitas vezes, com origens multifatoriais (WHO, 2019).

Dentre as principais doenças oculares que podem desencadear a deficiência visual estão os erros de refração não corrigidos, catarata e Degeneração Macular Relacionada à Idade (DMRI), sendo os erros refrativos não corrigidos a principal causa da baixa visão. Nos casos da cegueira, as principais causas incluem as já citadas, catarata e os erros refrativos não corrigidos, além dessas, tem-se também o glaucoma, sendo a catarata a principal causa de cegueira (OTTAIANO et al., 2019).

A deficiência visual impõe consequências humanas e socioeconômicas para o indivíduo, a família e a sociedade. Os fatores relacionados aos custos da perda de produtividade, da reabilitação e da educação dos cegos representam uma dificuldade econômica significativa para o indivíduo e o seu entorno (HADDAD et al., 2018; OTTAIANO et al., 2019).

3.2 Aproximações entre Educação Inclusiva, Design Inclusivo, Tecnologia Assistiva e Design Centrado no Usuário

O Estatuto da Pessoa com Deficiência, sancionado pela lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015, estabelece os direitos e liberdades que asseguram e promovem a inclusão social e cidadania da pessoa com deficiência (PCD). O capítulo IV da lei se refere ao direito à educação, no qual se assegura o sistema educacional inclusivo para todos os níveis e modalidades de ensino, desde a educação básica ao ensino superior. Para tanto, atribui-se ao poder público o desenvolvimento, incentivo e acompanhamento de ações que permitam a inclusão da PCD na educação, como adoção de medidas individualizadas e coletivas; inclusão em conteúdos curriculares; oferta de ensino de Libras, do Sistema Braile e de recursos de Tecnologias Assistiva, dentre outras realizações (BRASIL, 2015).

Mitler (2007) afirma que a inclusão não está em inserir os alunos nas escolas regulares, mas em estruturar as escolas em espaços que atendam às necessidades de todos os estudantes. Nesse aspecto, a inclusão no ambiente educacional envolve um processo de reformulação e reestruturação, no qual se objetiva garantir que as oportunidades educacionais e sociais oferecidas pela escola sejam vivenciadas por todos os alunos, sejam eles PCD ou não. Corroboram com essa perspectiva, Garcia e Braz (2020) ao afirmarem que o conceito de Escola inclusiva não consiste em apenas receber alunos com deficiência, mas possuir e garantir uma estrutura que permita um bom ensino e aprendizagem para todos os estudantes.

A inclusão no ambiente escolar requer uma reforma radical em diversos aspectos, tais como currículo e avaliações. Com aplicação dessa política, a segregação e o isolamento enfrentado pelas minorias são minimizados. Nessa perspectiva, a inclusão impacta mudanças nos valores das escolas e da sociedade. Nesse processo, é oferecido ao aluno o que é necessário e a diversidade é exaltada (MITLER, 2007). Nesse ponto de vista, Garcia e Braz (2020, p. 631) complementam que "[...] uma escola inclusiva é aquela que busca evitar a exclusão, a repetência e a evasão, fatores que asseguram outros processos".

Ainda, dentre vários outros termos e ações, o Estatuto da Pessoa com Deficiência cita o Desenho Universal e as Tecnologia Assistiva, como forma de garantir a inclusão, autonomia e independência de PCD (BRASIL, 2015). Nesse contexto, Gomes e Quaresma (2018) afirmam que as terminologias Design Universal (DU), Design Inclusivo (DI) e *Design For All*, possuem o mesmo objetivo prático, tanto com relação a criação de produtos quanto a criação de ambientes

físicos. Dessa forma, no presente artigo, será utilizado o termo Design Inclusivo como sinônimo das demais terminologias encontradas na literatura, inclusive a Desenho Universal citada na lei nº 13.146.

Entende-se como Design Inclusivo, o processo de projeto que busca entender a diversidade das pessoas, buscando responder como essa diversidade impacta nas decisões de design. Nesse aspecto, o DI acarreta na implementação da compreensão da diversidade populacional ao projeto de design, com o objetivo de satisfazer as necessidades de mais usuários, possibilitando a inclusão das pessoas por meio dos produtos, ambientes ou serviços desenvolvidos. Desse modo, o processo de projeto ao utilizar o DI visa desenvolver soluções que proporcionem uma melhor cobertura possível de diversidade populacional (BRASIL, 2015; GOMES; QUARESMA, 2018; IDT, 2022; WALLER et al., 2015).

Nesse contexto de inclusão, a Tecnologia Assistiva (TA) consistente em um termo abrangente para caracterizar qualquer produto, serviço, prática, metodologia e estratégia que visa proporcionar auxílio na ampliação de uma habilidade funcional deficitária ou que permita a realização de atividades que se encontravam impedidas devido às circunstâncias ligadas a alguma deficiência ou pelo envelhecimento. Dessa forma, através da ampliação das habilidades de comunicação e mobilidade, as TAs proporcionam às PCD uma maior independência, permitindo uma melhor qualidade de vida e inclusão social (BERSH, 2017; BRASIL, 2015; WHO; UNICEF, 2022).

Neste aspecto, as TAs auxiliam alunos de qualquer idade e de qualquer modalidade de ensino a usufruírem do direito à educação e serem incluídos na escola (BERSH, 2017; WHO; UNICEF, 2022). No entanto, Bruno e Nascimento (2019) afirmam que esses recursos de TA não estão presentes nas salas de aula de ensino regular, sendo observado a sua utilização e disponibilidade apenas nos espaços de Atendimento Educacional Especializado (AEE). Ainda, os autores complementam que a apropriação de recursos de TA em sala de aula trazem benefícios tanto para os estudantes como para os professores, sejam eles com deficiência ou não. Além disso, os autores afirmam que a utilização desses dispositivos no ambiente escolar "[...] deve ser o foco da escola democrática que luta pela igualdade de acesso ao conhecimento e à informação" (BRUNO; NASCIMENTO, 2019, p. 13).

No âmbito educacional, o Design Universal para Aprendizagem (DUA) consiste em uma outra terminologia utilizada para caracterizar os aspectos que permitam uma educação com equidade para todos. Conforme Costa-Renders, Gonçalves e Santos (2021, p. 709), o DUA "contribui para o acesso de todas as pessoas aos mesmos conteúdos, evitando produtos e ambientes diferenciados e exclusivos para pessoas com deficiência [...]". Dessa forma, o DUA permite que as PCD participem do processo de ensino-aprendizagem sem nenhuma distinção (COSTA-RENDERS; GONÇALVES; SANTOS, 2021). Nesse aspecto, é notável que as terminologias aqui apontadas possuem o mesmo objetivo prático, como já mencionado por Gomes e Quaresma (2018).

Dessa forma, para um ambiente escolar inclusivo, faz-se necessário a adoção de estratégias que permitam um ambiente com equidade para todos os alunos. Quanto a isso, Ricardo (2017) afirma que se houver apenas a aplicação exclusiva do conceito de TA, serão desenvolvidos ambientes e produtos mal concebidos, o que resultará em espaços separados para indivíduos de diferentes características. Assim como, ao se concentrar somente no DI e excluir a TA, serão necessárias muitas adaptações personalizadas, com necessidade de construções e de ambientes complexos e caros (RICARDO, 2017). Desse modo, a autora reforça a necessidade de projetos inclusivos que envolvam os conceitos de DI e TA.

Diante disso, Newell (2003) e Bersh (2017) reforçam a necessidade do envolvimento direto do usuário no processo de desenvolvimento de TA, para que assim, os projetistas possam entender quais são as reais necessidades desses usuários. Na mesma perspectiva, Gomes e Quaresma (2018, p. 42), afirmam que a filosofia do DI, assim como as demais terminologias sinônimas, "seguem parâmetros de usabilidade e fomentam o Design Centrado no Usuário, além de corroborar igualmente uma inclusão social efetiva".

Dessa forma, entende-se que para a efetivação dos objetivos da TA e DI, faz-se necessário a utilização de uma abordagem de Design Centrado no Usuário (DCU) ou Design Centrado no Ser Humano. Tal abordagem, de acordo com Giacomin (2014) oferece técnicas que permitem gerar empatia e estimular as pessoas envolvidas no projeto. Assim, a abordagem se baseia no uso de estratégias que permitam envolver o usuário, obtendo uma melhor compreensão das reais necessidades, desejos e experiências do usuário envolvido no projeto. Dessa forma, o DCU se destaca, pois o foco do estudo está em para quem a solução será desenvolvida, ou seja, o usuário (GIACOMIN, 2014).

Nesse contexto, Merino (2016) destaca que ao se referir a um projeto com abordagem de DCU, a equipe trata com as capacidades humanas (sensorial, cognitiva e motora), com dimensões temporais e sociais, gerando assim um processo altamente empático. Dessa forma, sabendo que o as decisões de design possuem potencial de inclusão e exclusão de usuários (IDT, 2022; WALLER et al., 2015), no contexto escolar, deve-se adotar práticas projetuais que permitem a inclusão de todos os alunos, sejam eles PCD ou não, princípios estes ligados ao DI. Assim como, em casos que seja necessário um atendimento específico, o desenvolvimento de produtos TA deve ser adotado. Em ambos os processos, o DCU deve nortear a equipe que desenvolverá as soluções educacionais. Isto posto, teremos uma escola que permitirá o desenvolvimento de todos, uma vez que "[...] ser inclusiva significa que todos são aceitos, todos fazem parte, todos ajudam e são ajudados" (GARCIA; BRAZ, 2020, p. 636).

3.3 A Pessoa com Deficiência Visual e a Educação Inclusiva

Em todos os seres humanos, os sentidos possuem as mesmas características e potencialidades. Todavia, nas pessoas cegas as informações táteis, auditivas, paladares e olfativas são utilizadas com mais frequência e consequentemente são melhores desenvolvidas. Tal fenômeno ocorre devido a necessidade de estimulação desses sentidos para a decodificação e armazenamento de informações na memória. Dessa forma, a falta da percepção do sentido da visão proporciona que os demais sentidos recebam as informações de forma contínua. Contudo, a situação não se configura como um fenômeno compensatório, pois os sentidos remanescentes atuam de forma complementar (SÁ; CAMPOS; SILVA, 2007).

Com a ausência da visão, as pessoas cegas percebem a realidade de maneira diferente das pessoas que enxergam. Apesar disso, essa distinção se caracteriza apenas nas formas de organização sensorial (NUNES; LOMÔNACO, 2010). Para as PDV, a associação das sensações táteis, auditivas, paladares e olfativas são importantes canais de entrada de dados e informações que serão levadas ao cérebro, possibilitando a interpretação e internalização do mundo à sua volta (CAMPOS; SILVA, 2007; GARCIA; BRAZ, 2020; NUNES; LOMÔNACO, 2010; SÁ). Além disso, a combinação dessas sensações com as experiências mentais construídas anteriormente pelos sujeitos

contribui para a aquisição das informações (NUNES; LOMÔNACO, 2010).

Nesse cenário, Garcia e Braz (2020) afirmam sobre a necessidade de as escolas oferecerem acessibilidade aos estudantes com deficiência visual, possibilitando a promoção da participação plena desses indivíduos no âmbito escolar. Dessa forma, através da igualdade de oportunidades, da multiplicidade de experiências, bem como a elaboração de estratégias e recursos que auxiliem o atendimento, será garantida a permanência desses alunos no âmbito escolar (GARCIA; BRAZ, 2020).

No entanto, os conteúdos educacionais de todas as áreas do conhecimento privilegiam a visualização de informações (SÁ; CAMPOS; SILVA, 2007). Nesse contexto, Nunes e Lomônaco (2010) identificaram pontos em comum em diversos estudos sobre os obstáculos que cercam a educação de PDV, dentre eles estão a falta de recursos, de preparo do professor, assim como a falta de conhecimento acerca da capacidade de aprendizagem dos alunos com deficiência visual. Nessa perspectiva, Sá, Campos e Silva (2007) afirmam que a falta da visão, aliado a carência de estímulos e recursos adequados, bem como a predominância de recursos didáticos prioritariamente visuais, pode intensificar o comportamento apático, além de inibir e desviar a motivação e interesse dos alunos cegos e com baixa visão.

Geralmente, o único recurso utilizado para a aprendizagem da PDV tem sido a fala do professor. Apesar de sua importância para o desenvolvimento, a linguagem, como única forma de estímulo à educação, não garante que o aluno com deficiência visual compreenda o que está sendo explicado pelo professor (NUNES; LOMÔNACO, 2010). Dessa forma, faz-se necessário o desenvolvimento de ações que incentivem o "comportamento exploratório, a observação e a experimentação para que estes alunos possam ter uma percepção global necessária ao processo de análise e síntese" (SÁ; CAMPOS; SILVA, 2007, p. 7).

Nesse aspecto, Garcia e Braz (2020) afirmam que os tipos de apoios oferecidos para as crianças com deficiência visual no ambiente escolar não são suficientes. Além disso, as autoras reforçam sobre a importância de se realizar estratégias de intervenção precoce de desenvolvimento da fase infantil, garantindo que no futuro, ao se deparar com a falta de preparo da família e da escola, o indivíduo não seja prejudicado. Quanto ao desenvolvimento dos recursos educacionais, as autoras reforçam que estes devem ser fabricados em relevo, pois possibilitam que os estudantes internalizem novos conhecimentos através do tato.

As habilidades para compreender, interpretar e assimilar das PDV são potencializadas através da variedade de experiências que estimulem o seu desenvolvimento. Dessa forma, ressalta-se que as PDV possuem as atividades cognitivas e as ações motoras em pleno funcionamento (GARCIA; BRAZ, 2020). No entanto, Bruno e Nascimento (2019, p. 5) afirmam que no processo de escolarização das PDV, encontra-se um grande desafio: "[...] tecnologia funcional, disponível em sala de aula, para todos os alunos que dela possam se beneficiar".

Em relação a inserção da PDV no ambiente escolar, Nunes e Lomônaco (2010) defendem que os alunos com deficiência visual não devem ser inseridos em escolas especiais, mas devem estar matriculados em escolas regulares, tendo o suporte de um professor especializado para proporcionar a satisfação das necessidades do aluno, até quando esse atendimento for preciso (NUNES; LOMÔNACO, 2010).

A manutenção da escola inclusiva exige mudanças na infraestrutura, tais como modificações no ambiente das salas de aula e demais espaços da escola; remoção de obstáculos e barreiras; utilização de piso tátil. Para além das estruturas físicas relacionadas ao ambiente, faz-se necessário a inserção de recursos na sala de aula que objetivam auxiliar o aluno no seu processo de aprendizagem. Tais recursos estão relacionados desde oficinas pedagógicas ou a produtos físicos (GARCIA; BRAZ, 2020). Apesar dessas recomendações serem frequentes na literatura, Butler et al. (2016) identificaram que a maioria dos estudantes com deficiência visual do ensino superior não tiveram acesso a recursos gráficos táteis na universidade.

3.4 Manufatura Aditiva (Impressão 3D)

O termo Manufatura Aditiva (MA), ou impressão 3D engloba os processos de fabricação baseados em adições sucessivas de material, camada por camada, para a criação de objetos físicos (PAIVA; NOGUEIRA, 2021; REDWOOD; SCHÖFFER; GARRET, 2017; VOLPATO; CARVALHO, 2018). Essencialmente o processo logístico da MA se fundamenta a partir da criação de um modelo digital, geralmente originado de um sistema tridimensional de Desenho Assistido por Computador (CAD), derivado do termo em inglês *Computer-Aided Design* (GIBSON et al., 2021; REDWOOD; SCHÖFFER; GARRET, 2017; VOLPATO; CARVALHO, 2018). Além disso, a engenharia reversa pode ser utilizada para a geração desse modelo digital através da digitalização 3D (REDWOOD; SCHÖFFER; GARRET, 2017).

A partir do desenvolvimento da representação em CAD, as informações geométricas desse arquivo são interpretadas pela máquina e a peça começa a ser criada fisicamente através da adição em camadas de material específico (GIBSON et al., 2021; VOLPATO; CARVALHO, 2018). Essas camadas correspondem as seções transversais finas dos modelos CAD. O produto final, resultante do processo, está diretamente ligado com a espessura da camada, quanto mais fina, melhor será o aspecto visual da peça produzida e estará mais próxima da representação digital criada (GIBSON et al., 2021).

Com o avanço da popularização das tecnologias de MA, observa-se um emprego maior do termo impressão 3D pela sociedade em geral e entre algumas empresas do setor (GIBSON et al., 2021; VOLPATO; CARVALHO, 2018). Além disso, a utilização desse termo possui mais probabilidade de conhecimento pelo público do que qualquer outro termo que se refere a tecnologia (GIBSON et al., 2021). No entanto, Paiva e Nogueira (2021) afirmam que não há muitas características em comum entre uma impressora tradicional, que trabalha com papel, e entre uma impressora 3D, que trabalha com outros tipos de tecnologias.

Apesar disso, Gibson et al. (2021) afirmam que a popularidade do termo impressão 3D, pela população em geral, se deve à familiaridade e pela associação criada por essas pessoas sobre o processo de impressão tradicional com a ideia de imprimir um objeto tridimensional. Ainda assim, os autores destacam que o termo Manufatura Aditiva é recomendado por normas técnicas internacionais, aceito pela academia e por parte da indústria.

Existe uma diversidade de tecnologias de MA, as quais possuem especificidades que garantem seus próprios benefícios e limitações (REDWOOD; SCHÖFFER; GARRET, 2017). Nesse contexto, Gibson et al. (2021) afirmam que entre as máquinas de MA, todas se baseiam em camadas, o que as difere são como estas camadas são criadas e unidas. Além disso, outro aspecto que as diferenciam são os materiais que podem ser utilizados. Comercialmente tais materiais podem ser encontrados na forma de filamentos sólidos, resina líquida e pó (GIBSON et al., 2021; PAIVA; NOGUEIRA, 2021). Essas diferenças nas tecnologias contribuem para determinar fatores como a precisão da peça final, tempo, necessidade de pós-processamento, tamanho da máquina MA, além do custo total do processo e da máquina (GIBSON et al., 2021).

O processo de MA envolve várias etapas, Gibson et al. (2021) a descrevem em 8 etapas, são elas: 1. Desenvolvimento do Desenho Assistido por Computador (CAD); 2. Conversão para arquivo STL; 3. Transferência do arquivo para a máquina de MA; 4. Configuração da máquina; 5. Construção da peça (impressão); 6. Remoção da peça; 7. Pós-processamento; e 8. Aplicação. No entanto, a depender de determinados modelos de máquinas e processos, outras etapas podem ser necessárias ou excluídas.

Para o Design, a MA tornou-se um marco no desenvolvimento de protótipos e modelos físicos, tornando tais processos mais fáceis e rápidos (COSTA; LUCIANO; VOLPATO, 2018). Quanto a isso, especificamente para o Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), Santos (2018, p. 43) afirma que as tecnologias de MA "[...] trouxeram um grande avanço como ferramenta para designers visualizarem, testarem e até mesmo produzirem produtos". Corroboram com essa perspectiva Costa, Luciano e Volpato (2018), ao afirmarem que todas as etapas do PDP podem ser beneficiadas com o uso da tecnologia, com isso, tem-se uma melhoria do projeto sob diversos pontos. Dentre eles, os autores destacam o auxílio às tomadas de decisões pelos projetistas.

Dentre outras características da MA para o design de produtos, Santos (2018) e Volpato e Carvalho (2018) frisam o potencial de materialização de qualquer geometria complexa. Assim, a depender das configurações adotadas, bem como outros fatores como tipo de material, a materialização resultará em uma peça idêntica à representação digital criada no sistema CAD.

3.5 Mapas de Textura (*Displacement Map*)

Na computação gráfica, após o processo de modelagem, a etapa posterior geralmente é a renderização. Para tanto, o uso do processo de materiais é necessário para representar os acabamentos propostas no projeto. Esses materiais são "um conjunto de informações em representação 2D que aplicamos às superfícies dos objetos do modelo 3D" (CARDOSO et al., 2020, p. 38). Nesse aspecto, o termo material, na computação gráfica, é utilizado para abranger os mapas de texturas que permitem a edição dos parâmetros de configuração das características do acabamento desejado (CARDOSO et al., 2020).

Por sua vez, os mapas de textura se referem aos arquivos de representação digital de superfície, ou seja, são as imagens utilizadas que representam as características bidimensionais e tridimensionais do acabamento (CARDOSO et al., 2020). A técnica se tornou uma poderosa ferramenta de adição de realismo às cenas geradas em computação gráfica, sendo bastante utilizada na indústria de jogos (SOUZA; ARAÚJO; LEE, 2011). De acordo com Cardoso et al. (2020), os mapas de textura mais utilizados são o *diffuse map* (mapa de cor), o *normal map* (mapa normal), o *bump map* (mapa de relevo) e o *displacement map* (mapa de deslocamento). Cada um possui características próprias e podem ser utilizados de forma isolada ou em conjunto.

O *diffuse map* se caracteriza por ser a base para a criação de outros mapas, pois corresponde a própria imagem de textura. A partir dele são criados os demais parâmetros para o material, tais como "relevo, rugosidade, profundidade, brilho e outras informações" (CARDOSO et al., 2020, p. 39). Enquanto, o *normal map* agrega informações de profundidade em um material, permitindo o melhoramento da representação de relevo e depressão. Geralmente, esse tipo de mapa apresenta tonalidade azul (CARDOSO et al., 2020; SOUZA; ARAÚJO; LEE, 2011).

Com o *Bump map* é possível fazer que uma superfície obtenha um aspecto rugoso ou ondulado, mantendo as configurações da modelagem. Geralmente corresponde a um mapa com cores em tons de cinza (CARDOSO et al., 2020; SOUZA; ARAÚJO; LEE, 2011). A técnica cria uma ilusão de que a superfície adquire altura, assim, o modelo aparenta possuir mais detalhes geométricos do que realmente possui em sua malha geométrica (LENGYEL, 2019)

O *displacement map*, no entanto, aplica o efeito na superfície e altera a geometria do objeto através do mapa de textura. Dessa forma, o *displacement* fornece mais realismo a cena pois além de lidar com a geometria, as sombras também são afetadas na renderização, diferentemente do *bump* (SOUZA; ARAÚJO; LEE, 2011). Esse é um tipo de mapa com tonalidades em preto e branco, no qual as informações das saliências e profundidades são carregadas e geram a transformação no modelo (CARDOSO et al., 2020).

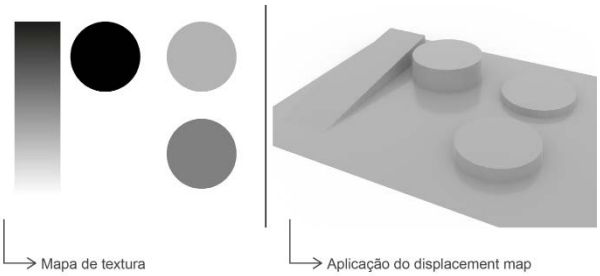


Figura 2 Exemplificação do *displacement map*. Ao lado esquerdo, a imagem bidimensional e do lado direito a imagem digital em tons de cinza. Fonte: autores, 2022.

Como pode ser visto na Figura 2, a imagem do lado esquerdo representa o mapa de textura, ao lado direito é apresentado a aplicação de *displacement map*, no qual pode ser visto a presença de alturas diferentes conforme a tonalidade de cor entre preto e branco variam.

Após essa explanação teórica sobre os temas que cercam o trabalho, o tópico a seguir apresenta a instituição na qual foram realizadas as coletas de dados e em seguida são apresentados os resultados da pesquisa.

4. ACACE

A Associação Caruaruense de Cegos (ACACE) é uma associação civil, filantrópica, de assistência social e defensora dos direitos humanos, especificamente dos direitos relacionados às pessoas cegas e com baixa visão. Visando a inclusão e emancipação social desses indivíduos, a associação desenvolve e executa programas em diversas áreas de assistência social, tais como: direitos humanos, educação, tecnologia assistiva, cultura, lazer, profissionalização, dentre outras, incluindo a formação continuada (ACACE, 2020).

A ACACE foi fundada em 11 de dezembro de 2004, na cidade de Caruaru, através da união de esforços entre um grupo de estudantes cegos e/ou com baixa visão da Escola Duque de Caxias, motivados pela necessidade de uma maior representação das pessoas com deficiência visual à sociedade e ao poder público. Inicialmente a atuação da associação começou em um espaço cedido pela Diocese da cidade. No ano de 2011, iniciou-se a construção de um espaço próprio, em um terreno doado pela Municipalidade, um ano após a sua fundação. No ano de 2012 a ACACE inaugurou a sua sede social própria, na qual mantém suas atividades em funcionamento até hoje (ACACE, 2022a).

Dentre os objetivos institucionais da associação, destacam-se as ações para o desenvolvimento de programas de direitos humanos que trabalham a conscientização da sociedade; contribuir para o desenvolvimento pessoal da pessoa cega e com baixa visão; promover o estímulo da participação dos indivíduos das ações culturais, educacionais,

artísticas, entre outras, proporcionadas pela comunidade que vivem; possibilitar a colaboração e investigação científica entre organizações similares, dentre outros (ACACE, 2020).

Como missão institucional, a ACACE (2022b) destaca a "promoção, a defesa e a garantia de direitos, a construção da autonomia, o fortalecimento do protagonismo, a inclusão e a emancipação social da pessoa cega e/ou com baixa visão." A sua atuação possui abrangência regional, englobando os municípios que compõem a área territorial da região Agreste Central de Pernambuco, tendo como polo o município de Caruaru (ACACE, 2020; 2022c).

5. RESULTADOS

Os tópicos a seguir descrevem as etapas de desenvolvimento prático da pesquisa, inicialmente são apresentadas as demandas levantadas na instituição, depois são descritos os testes realizados nos *softwares*, bem como os testes com impressão 3D. Por fim, a seção é finalizada com a descrição da aplicação e avaliação dos modelos com os usuários.

5.1 Levantamento de Demandas

Com o objetivo de compreender as principais demandas da ACACE, foram realizadas visitas na sede da instituição, esta corresponde a fase 2 da pesquisa, intitulada aplicação, descrita anteriormente no tópico metodologia. Inicialmente a coordenadora apresentou a instituição, as principais atividades que são desenvolvidas como aulas de braile, oficinas de acessibilidade, aulas de xadrez, atividades com bicicletas, dentre outras. Na instituição observa-se uma carência de recursos educacionais que auxiliem no processo de ensino para as atividades que são desenvolvidas, fato que foi reforçado pela coordenadora.

Nesse aspecto, a coordenadora explicou que as PDV não conseguem associar bem os conteúdos que são explicados nas salas de aulas devido a predominância do conteúdo visual que é utilizado como suporte ao conteúdo, a mesma dificuldade é sentida na própria instituição. Ao citar exemplos, ela comentou uma experiência pessoal de que não sabia o formato de um coração até ter a oportunidade de tocar em um modelo tridimensional, em uma universidade, antes disso, ela imaginava que o coração tinha o formato que é utilizado para a representação de amor.

Em continuação, comentou-se que muitos não sabem como é a bandeira de cidades, estados e países, dentre elas a do Brasil e de Pernambuco. Assim como, a carência de compreensão de informações como limites territoriais e formato dos mapas de cidades e estados. Outro problema citado se refere a baixa aderência de crianças com deficiência visual na instituição, fator que está relacionado, dentre outros aspectos, com a falta de atividades e materiais direcionados a esse público.

No contexto educacional, a instituição possui um profissional pedagógico, cedido pela prefeitura da cidade, que auxilia os membros da associação com assuntos escolares. Apesar disso, devido a carência de recursos metodológicos no espaço, a maioria dos materiais de apoio utilizados nas aulas são trazidos e desenvolvidos pelo próprio professor. Assim, a instituição não possui acesso permanente a esses recursos, resultando em um acervo precário de materiais didáticos de apoio.

5.2 Testes Iniciais

Inicialmente foram definidas três imagens para a realização dos testes iniciais, que objetivaram entender o funcionamento da ferramenta. As imagens foram a bandeira do Brasil, do Estado de Pernambuco e o mapa do Brasil com destaque a delimitação geográfica do Estado pernambucano. Como pode ser visto na Figura 3, as imagens foram vetorizadas no software *Adobe Illustrator*, as cores foram distribuídas entre os tons de preto e branco, sendo as variações mais escuras das imagens consideradas com menor nível de extrusão e as partes mais claras com os maiores níveis de extrusão.



Figura 3 Vetorização das imagens em escala de tons preto e branco. No canto esquerdo está localizada a bandeira do Brasil; no meio está localizada a bandeira de Pernambuco e margem direita o mapa do Brasil com destaque a região do estado de Pernambuco. Fonte: autores, 2022.

Após a vetorização, as imagens foram levadas para o *software* de modelagem tridimensional, o *Rhinoceros* 7. Como está apresentado na Figura 4, a aplicação do *displacement map* não ocorreu de forma satisfatória, nas bordas da imagem foram criadas elevações involuntárias que deformaram a geometria da peça. Na bandeira do Brasil (Figura 4, a) foi observada que além das obstruções ríspidas presentes nos cantos retos da figura, tem-se também a presença de sulcos nos quatros lados das bordas.

A bandeira de Pernambuco (Figura 4, b), apresentou deformações de elevação da geometria nas bordas da parte superior e inferior no sentido vertical da altura (eixo y) e no sentido horizontal (eixo x) no topo dessas deformações; tais deformações ocorreram também nas laterais esquerda e direita, essas últimas em alturas menores do que na parte superior e inferior. De forma semelhante ocorreu com a representação do mapa (Figura 4, c) no qual, as extremidades do lado esquerdo e direito sofreram deformações no eixo y (altura) e nas extremidades da parte superior e inferior; além disso, o modelo também apresentou elevações ríspidas, no sentido vertical, nos cantos retos das bordas.

Dessa forma, foram feitos diversos testes para solucionar as distorções indesejadas, dentre elas cabe citar: a criação de uma margem entre a borda da bandeira e o tamanho geral da prancheta, gerando um contorno transparente quando exportado em PNG (*Portable Network Graphics*); mudanças nas tonalidades de preto, branco e cinza, sem a utilização do preto e branco puro; exportação das imagens com extensão do

arquivo em JPEG (*Joint Photographics Experts Group*); alterações na resolução de exportação das imagens em 72, 150 e 300 PPI (pixels por polegada); e remoção de áreas com aplicações de branco e preto puro.

No entanto, apesar de tais modificações, a modelagem ainda continuou a apresentar distorções semelhantes às descritas anteriormente. Assim, decidiu-se testar as mesmas imagens e a aplicação do *displacement map* em outro *software* de modelagem tridimensional, o *Blender* 3.1.2. Apesar da mudança, os modelos resultantes continuaram a apresentar distorções indesejadas. A presença de tais distorções na geometria das peças, além de interferir na estética, poderia confundir e até machucar os usuários que irão fazer a leitura com o tato. Assim como, as partes que apresentam sulcos na geometria são interpretadas erroneamente pelo *software* de fatiamento, gerando preenchimento em locais que não são necessários.

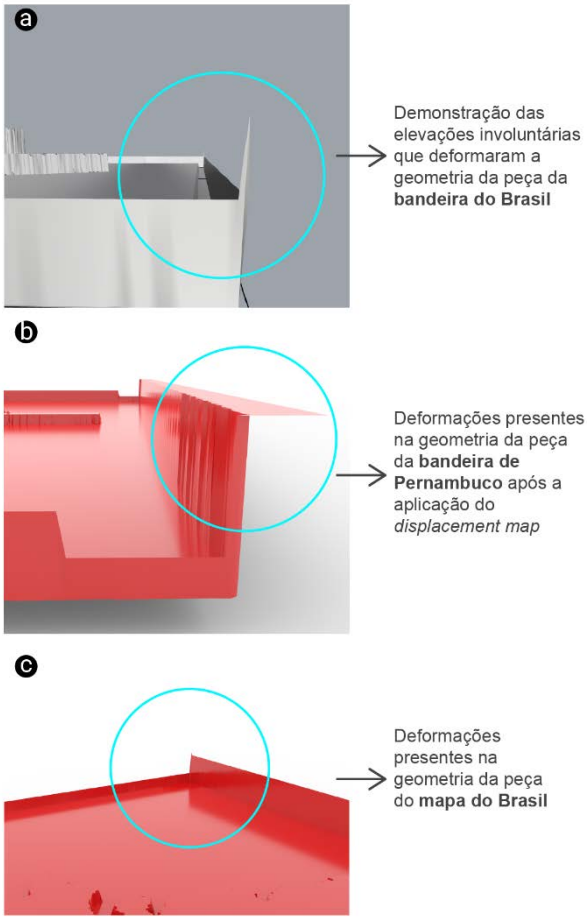


Figura 4 Resultados as primeira aplicação do *displacement map*. No qual são apresentadas as deformações indesejadas da aplicação do *displacement map*. Fonte: autores, 2022.

Dessa maneira, decidiu-se inverter as cores de tons de cinza na imagem bidimensional, tornando as tonalidades mais escuras em pontos mais altos do que as partes com tonalidades claras. Assim, conseguiu-se o resultado que se esperava. Após a realização dos testes iniciais com a ferramenta, o passo seguinte foi a definição da imagem que seria utilizada como modelo final para os demais testes e aplicação com os usuários. Desse modo, como critério para escolha foi considerada a imagem que possuísse uma composição mais complexa, visando a possibilidade de realização de novos testes e aplicações com a ferramenta e usuários. Dessa forma, a imagem escolhida foi a bandeira do Estado de Pernambuco, a qual conta com uma quantidade maior de símbolos e formas distintas.

5.3 Modelo Escolhido

Com o objetivo de representar fielmente a bandeira, foram seguidas as especificações técnicas de reprodução da Bandeira do Estado de Pernambuco, definidas na lei nº 17.139/2020. A qual institui a proporção geral e de localização dos símbolos distribuídos, tamanho dos símbolos e a utilização das cores (PERNAMBUCO, 2020). Assim, considerando tais parâmetros, a vetorização da bandeira foi refeita.

Novamente foi utilizado o *software Illustrator*, o tamanho especificado da prancheta foi de 21x14,7 centímetros, mas para manter a proporção da bandeira, o tamanho da área de desenho ficou de 21X14,01 centímetros. Quanto as cores, as tonalidades foram invertidas, os locais nos quais queria se obter uma extrusão com a aplicação do *displacement map*, foram coloridas por tonalidades mais escuras; enquanto as partes mais baixas foram coloridas com tonalidades mais claras de tons de cinza.

Na aplicação do *displacement map* no *Rhinoceros*, como já era esperado, as áreas mais escuras da bandeira ficaram em baixo-relevo, devido a inversão de cores realizada na vetorização da bandeira. Dessa forma, para a obtenção das extrusões nas áreas desejadas foi necessário ativar a opção "*invert*". No entanto, as laterais esquerda e direita ficaram ocos. Assim, foi necessário deixar uma margem maior entre o tamanho da bandeira e o tamanho geral da prancheta, dessa forma, o tamanho total da bandeira foi ajustado para 20,40X13,61 centímetros.

Após esse ajuste, a extrusão ocorreu de forma satisfatória. Nessa primeira versão, devido as cores da cruz, do sol e da estrela terem sido coloridas com a mesma tonalidade na vetorização, as extrusões dessas áreas obtiveram alturas idênticas. No entanto, percebeu-se ainda no *software CAD* que isso possivelmente poderia gerar interpretações errôneas, ou dificultar a leitura, além de que, dessa forma seriam utilizados mais material para áreas não necessárias.

Em seguida, foi acrescentada uma base com altura de 1 centímetro, com o intuito de deixar uma área de delimitação mais aparente. Todavia, após a importação do arquivo no *software* de fatiamento, percebeu-se que a base não seria necessária. Dessa forma, foi impressa uma versão teste em escala reduzida, na qual foram configurados os parâmetros de impressão no *software* de fatiamento, o *Ultimate Cura 5.0*. Nesse teste, o modelo foi impresso nas dimensões de 10x6,7x3 centímetros, com tempo gasto de 1 hora e 34 minutos, utilizando cerca de 37 gramas de filamento. A Figura 5 demonstra o modelo teste sendo impresso.

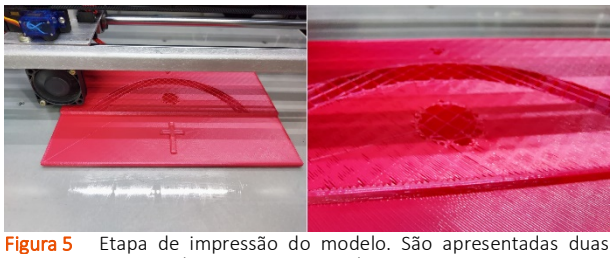


Figura 5 Etapa de impressão do modelo. São apresentadas duas imagens durante o processo de impressão. Fonte: autores, 2022.

Após os resultados obtidos com o modelo teste impresso, seguiu-se para a próxima etapa da pesquisa: imprimir os modelos em tamanho real para realizar os testes com os usuários. Dessa vez, foram criadas duas versões da mesma imagem, uma delas com as formas em preenchimento total como descrito nos parágrafos anteriores, a qual foi denominada modelo A (Figura 6, a) e outra versão com as áreas preenchidas apenas pelas linhas de contorno, gerando um nível de extrusão de mesma altura para todos os componentes da

imagem, denominada de modelo B (Figura 6, b). Ainda, foi gerado um modelo B, com linhas mais finas, o qual se mostrou inviável de produzir na simulação feita pelo fatiador.

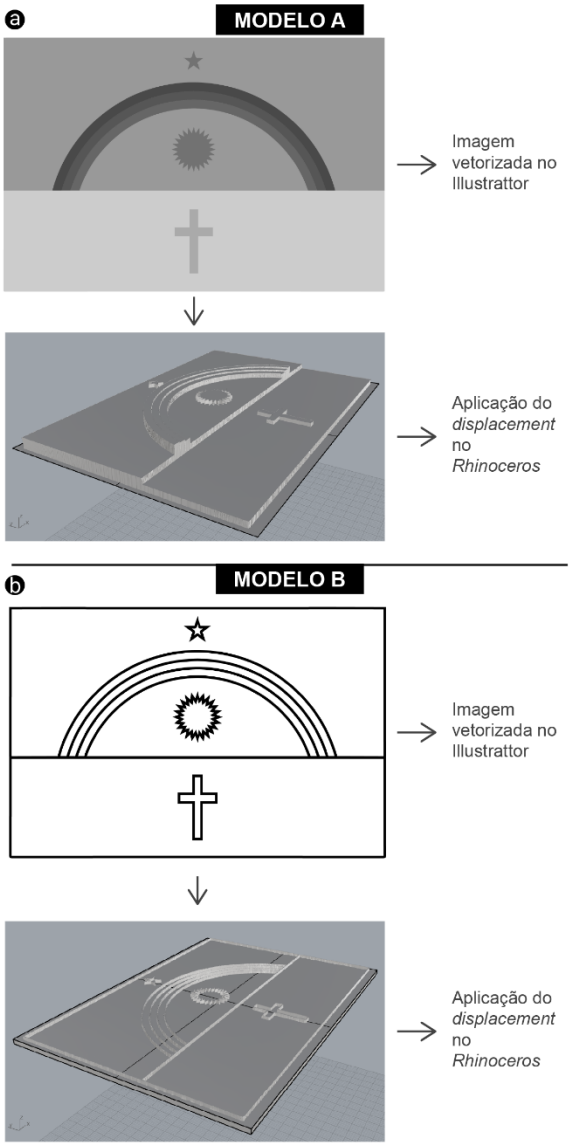


Figura 6 Demonstração da vetorização e da aplicação do *displacement map* nos dois modelos, uma com preenchimento nas formas e outra apenas com contorno. Fonte: autores, 2022.

No modelo B, para gerar a aplicação do contorno, os símbolos acabaram tendo os tamanhos aumentados. Apesar disso, a aplicação do *displacement map* seguiu parâmetros de configurações semelhantes em ambos os modelos. No geral, a diferença mais notável foi na altura das extrusões, visto que no modelo A é necessária uma altura maior das camadas para gerar a diferenciação das formas. No modelo B, no entanto, isso não se faz necessário devido o reconhecimento das formas ser feito pelo contorno (linhas).

Com relação a impressão, os modelos foram fatiados no *Ultimate Cura*. As configurações de impressão em ambos os modelos foram as mesmas, as quais são detalhadas na Tabela 1. Além disso, foi utilizado o filamento *PLA Easy Fill*; para a aderência da peça na mesa de impressão foi utilizada cola bastão e não se utilizou de mesa aquecida. O tempo total de impressão do modelo A foi de 4 horas e resultou em uma peça com 92,5 gramas; enquanto o modelo B foi impresso em 4 horas e 4 minutos, resultando em uma peça com 77,4 gramas.

Tabela 1 Configurações de impressão utilizadas nos modelos. Fonte: autores, 2022.

Configuração	Valores
Diâmetro do bico extrusor	0.5mm
Altura de camada	0.35mm
Altura da primeira camada	0.33mm
Espessura da parede	1.0mm
Número de filetes de parede	2
Número de camadas superiores/inferiores	3
Preenchimento do tipo grade	20%
Temperatura de impressão	210°C
Velocidade da impressão	
Preenchimento	60mm/s
Parede exterior	30mm/s
Parede interior	60mm/s
Velocidade superior/inferior	30mm/s
Velocidade da camada inicial	30mm/s

O resultado final da impressão dos modelos pode ser visto na Figura 7 e Figura 8. Ao lado da imagem do modelo A (Figura 7) é apresentada uma imagem com foco nas extrusões em níveis de altura diferentes de cada símbolo, resultantes do *displacement*. Da mesma forma, ao lado da imagem do modelo B (Figura 8) é apresentado uma imagem com foco nas extrusões resultantes do *displacement*, na qual podem ser vistas partes do arco-íris, do sol e da delimitação entre as cores de fundo.

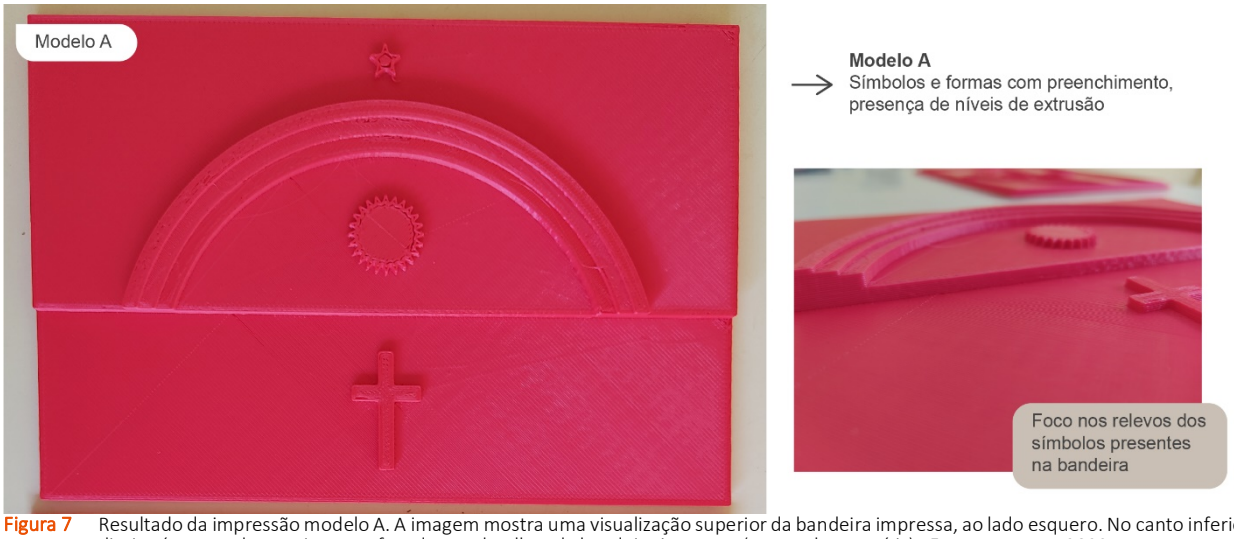


Figura 7 Resultado da impressão modelo A. A imagem mostra uma visualização superior da bandeira impressa, ao lado esquero. No canto inferior direito é mostrada uma imagem focada nos detalhes da bandeira impressa (cruz, sol e arco-íris). Fonte: autores, 2022.

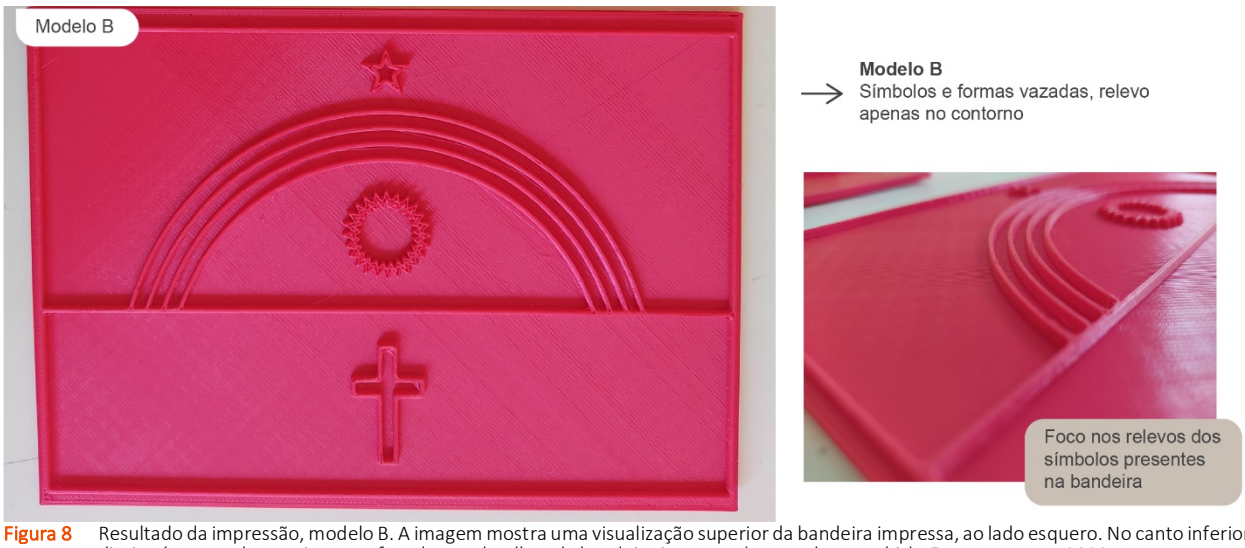


Figura 8 Resultado da impressão, modelo B. A imagem mostra uma visualização superior da bandeira impressa, ao lado esquero. No canto inferior direito é mostrada uma imagem focada nos detalhes da bandeira impressa (cruz, sol e arco-íris). Fonte: autores, 2022.

Com relação a impressão, o modelo A, embora consuma mais filamento, tem um tempo de impressão menor pois o percurso da impressora gerado pelo fatiador é otimizado. No modelo B, embora o consumo de material seja menor, a impressora imprime parcialmente uma linha, começa imprimir outra e depois retorna, esse processo de interromper a impressão da linha sucessivamente gera atraso.

Quanto as dimensões, o modelo A possui um comprimento de 20,3 cm, largura de aproximadamente 13,5 centímetros, e a parte mais alta da base possui uma altura de aproximadamente 0,7 centímetros. A altura dos símbolos do sol, estrela e cruz é de aproximadamente 0,3 centímetros, sem o acréscimo da altura da base. A parte mais alta do arco-íris possui uma altura de 0,5 centímetros, enquanto a parte mais baixa possui uma altura de 0,3 centímetros. Em relação as dimensões do modelo B, a base é a única parte da peça em que não foi utilizado o *displacement map* para realizar a extrusão. Assim, a área útil da bandeira segue os mesmos tamanhos do modelo A, comprimento de 20,3 cm e largura de aproximadamente 13,5 centímetros. A altura do relevo do contorno é de aproximadamente 0,3 centímetros com largura de 0,1 centímetro.



Figura 9 Falhas de impressão presentes nos modelos. São apresenadas as falhas nos símbolos da estrela e do sol, presentes na bandeira. Fonte: autores, 2022

Como pode ser visto na Figura 9, ambos os modelos apresentaram algumas falhas de impressão em algumas partes, algo comum na impressão 3D, que exige pós-finalização com acabamentos manuais. No entanto, para as peças desenvolvidas não foram realizados tais acabamentos devido as propriedades do material PLA que dificultam esse tipo de processo. Além disso, para os objetivos da pesquisa, manter essas falhas na realização dos testes com usuários permitiu entender se elas afetam a percepção das formas.

Além disso, cabe ressaltar que a presença das falhas se concentrou em partes com acabamentos minuciosos, como os cantos das estrelas e as pontas do sol. Ainda, com relação a esses símbolos, percebeu-se que no modelo B, o sol, a estrela e a cruz se apresentaram com tamanhos maiores do que os símbolos do modelo A. Tal fator está relacionado com a vetorização da imagem, na qual o contorno foi feito ao redor da forma, expandindo o tamanho geral dos símbolos. Além disso, as configurações do próprio programa de fatiamento para otimizar a impressão pode ter contribuído para o aumento do tamanho desses símbolos.

5.4 Testes com os Usuários

Esta seção foi dividida em dois subtópicos para melhor compreensão das realizações dos testes. A primeira parte apresenta a caracterização dos usuários que participaram do estudo; a segunda parte apresenta os testes realizados com os usuários, bem como os aspectos de avaliação que foram considerados para o estudo.

5.4.1 Caracterização dos respondentes

Participaram da coleta cinco (n=5) Pessoas com Deficiência Visual, sendo quatro (n= 4) delas do sexo feminino e um (n= 1) do sexo masculino. Todos os participantes são adultos, com faixa etária com variação de 29 a 66 anos. Quanto ao nível de escolaridade, dois possuem ensino médio completo, outros dois possuem ensino superior completo, apenas um possui ensino superior incompleto, não foram mencionados outros níveis de escolaridade pelos participantes. Outras informações de caracterização são expostas no Quadro 1 a seguir.

Com relação a Deficiência Visual, 60% (n= 3) deles possuem Deficiência Visual congênita, dentre os problemas oculares que levaram à cegueira ou baixa visão, o ID 03 relatou que nasceu com glaucoma, o ID 04 relatou sobre a doença ceratocone, enquanto a ID 05 acredita que a cegueira é proveniente de algum trauma da gestação da mãe. Os demais respondentes 40% (n= 2) relataram possuir deficiência visual adquirida, nesse grupo a ID 01 relatou que a degeneração da retina acarretou na perda da visão aos 7 anos de idade, enquanto a ID 02 relatou que o problema de visão surgiu em decorrência da diabetes.

Quadro 1 Dados de caracterização dos participantes do estudo. Fonte: autores, 2022.

Identificação	Idade	Sexo	Nível de escolaridade	Tipo de deficiência Visual	Nível de deficiência
ID 01	51	F	Superior Completo	Adquirida	Cegueira
ID 02	29	F	Médio Completo	Adquirida	Baixa Visão
ID 03	33	M	Superior Incompleto	Congênita	Cegueira
ID 04	58	F	Médio Completo	Congênita	Baixa Visão (OD) e Cegueira (OE)
ID 05	66	F	Superior Completo	Congênita	Cegueira
Legenda: OD= Olho direito; OE= Olho esquerdo					

A respeito do nível de deficiência visual dos entrevistados, quatro relataram possuir cegueira, sendo que o ID 04 comentou possuir baixa visão no olho direito e cegueira no olho esquerdo, somente um indivíduo comentou possuir apenas baixa visão. Foi perguntado se possuíam alguma deficiência além do visual e todos os respondentes afirmaram que não possuem. No entanto, a ID 01 relatou que o problema visual atinge a sua audição e a ID 05 afirmou que a diabetes atrapalha a sensibilidade.

Com o objetivo de entender se os entrevistados já possuíam algum conhecimento prévio sobre a bandeira do Estado de Pernambuco, ou de outros Estados ou Países, foram direcionadas duas perguntas com essa temática. Assim, com relação a bandeira do estado Pernambucano, 80% (n= 4) afirmaram que já tiveram contato/conhecimento, nesse aspecto a ID 05 comentou que esse contato se deu na escola em uma representação em alto-relevo. Além disso, todos responderam afirmaram que já tiveram contato/conhecimento com bandeiras de outros estados ou países. Nesse momento, os IDs 03 e 05 comentaram que a bandeira que tiveram conhecimento foi a do Brasil.

Com relação a educação, todos os entrevistados afirmaram que em algum momento da vida frequentaram algum nível de ensino. Apenas a ID 02 afirmou que não sente ou sentiu dificuldades nesses espaços de aprendizagem, no entanto, a entrevistada não declarou se o período de vivência nesses ambientes coincidente com o período que os sintomas da deficiência visual começaram a surgir. O restante dos respondentes afirmou que sente ou já sentiram dificuldade nesses ambientes, a ID 01 citou a dificuldade de aprendizagem estava aliada a ausência de material adaptado, a ID 04 afirmou que começou a sentir quando a deficiência avançou e a ID 05 relatou que sentia muitas dificuldades e que era necessário gravar as aulas para poder estudar.

Nesse contexto, os entrevistados afirmaram ainda sobre a ausência de recursos educacionais táteis, a ID 01 afirmou que na escola que estuda não tinha e que sua irmã que adaptava os materiais para que ela pudesse estudar. Os ID 03 e ID 05 foram os únicos que comentaram ter acesso a esses recursos em algum momento da trajetória escolar. Especificamente ID 03 afirmou que não teve acesso a esses recursos no ensino fundamental, apenas no ensino médio.

5.4.2 Aplicação com os usuários

As experimentações dos usuários foram feitas individualmente com cada modelo, a Figura 10 representa um desses momentos com os usuários. Inicialmente, foi testado o modelo A e em seguida o modelo B, após cada experimentação com cada modelo, os usuários eram indagados sobre aspectos de avaliação correspondente ao modelo experimentado. Quanto a esses aspectos, foram considerados os mesmos para ambos os modelos, a saber: compreensão individual das formas; altura do relevo; dimensões gerais da peça; compreensão geral; e utilização independente. A avaliação se apoiou em uma escala de *Likert* de 3 pontos, no qual se considerou o 1 (ruim) como uma avaliação negativa e os pontos 2 (médio) e 3 (bom) como positivos.



Figura 10 Usuária realizando os testes na ACACE. No momento da fotografia estava sendo avaliado o modelo A. Na imagem, a usuária apoia as duas mãos sobre a bandeira para perceber as formas. Fonte: autores, 2022.

O primeiro aspecto analisado foi a capacidade do modelo em permitir a leitura e entendimento dos símbolos (a cruz, o sol, a estrela e o arco-íris) de forma individual. Os participantes responderam de forma positiva, atribuindo o valor 3 (bom) em ambos os modelos. O segundo aspecto, o qual objetivou analisar sobre a agradabilidade das alturas dos relevos para a compreensão das formas, também obteve avaliação positiva pelos participantes. Ambos os modelos foram considerados bons (nível 3) nesse aspecto. Ainda, em relação ao modelo A, a ID 01 afirmou que para quem ler em braile, o relevo pode ser mais baixo.

O terceiro aspecto de avaliação destinou a analisar se as dimensões gerais dos modelos são satisfatórias. Nesse sentido, todos os respondentes classificaram positivamente ambos os modelos, atribuindo nível 3 na escala. O quarto aspecto teve o intuito de avaliar a capacidade dos modelos em permitir a compressão da imagem completa, ou seja, a percepção geral de toda bandeira. Assim, como os anteriores, o quesito foi avaliado positivamente pelos voluntários, os quais atribuíram nível 3 (bom).

O quinto aspecto de avaliação objetivou entender a capacidade de compreensão da imagem gerada sem a necessidade de ajuda, como um auxílio pedagógico de um professor ou auxiliar de educação. Esse foi o único aspecto que teve uma variação de escolha na escala de avaliação, especificamente no modelo A. Dois respondentes classificaram o quesito com nível 2 (médio), enquanto o restante classificou com nível 3 (bom). O modelo B, no entanto, não houve variação na avaliação e todos os respondentes o classificaram com nível 3 (bom). Em complemento a avaliação, a ID 01 afirmou que em ambos os modelos se faz necessário a ajuda de alguém. A frequência de avaliação dos voluntários em cada aspecto, bem como a correspondência com o modelo avaliado pode ser visto na Tabela 2.

Ainda, com relação ao quinto aspecto, apesar da maioria dos respondentes afirmar que seria possível a utilização do recurso sem auxílio, não é possível concluir sobre tal aspecto, uma vez que se faz necessário estudos quantitativos mais aprofundados sobre. No entanto, a utilização da escrita em braile e a presença de audiodescrição podem contribuir para um uso independente desses recursos no ambiente educacional.

Com relação a experiência de utilização dos dois modelos, todos os participantes concordaram que os modelos aplicados os instigaram a querer saber como são as bandeiras de outros

estados, cidades e países. Em complemento, o ID 03 acrescentou que gostaria de saber como são as bandeiras de alguns times de futebol. Além disso, todos concordaram que recursos semelhantes aos testados podem contribuir positivamente para a aprendizagem em sala de aula.

Tabela 2 Frequência de escolha de ponto dos usuários sobre cada aspecto avaliado. Fonte: autores, 2022.

MODELO A				
	Item de avaliação	Escala de avaliação		
		01	02	03
I	É possível fazer a leitura e entender os símbolos individualmente (cruz, sol, estrela e arco-íris).	0%	0%	100%
II	A altura dos relevos é agradável para a compreensão	0%	0%	100%
III	As dimensões gerais do modelo (bandeira) são satisfatórias	0%	0%	100%
IV	É possível compreender a imagem por completo (a bandeira)	0%	0%	100%
V	É possível compreender a imagem sem ajuda ou auxílio pedagógico (professor/auxiliar)	0%	40%	60%

MODELO B				
	Item de avaliação	Escala de avaliação		
		01	02	03
I	É possível fazer a leitura e entender os símbolos individualmente (cruz, sol, estrela e arco-íris).	0%	0%	100%
II	A altura dos relevos é agradável para a compreensão	0%	0%	100%
III	As dimensões gerais do modelo (bandeira) são satisfatórias	0%	0%	100%
IV	É possível compreender a imagem por completo (a bandeira)	0%	0%	100%
V	É possível compreender a imagem sem ajuda ou auxílio pedagógico (professor/auxiliar)	0%	0%	100%

Ainda, os respondentes foram indagados sobre a preferência em algum dos modelos. O modelo B foi o preferido 60% (n= 3) dos participantes. Já o modelo A foi preferido pelos outros dois participantes (40%). Quanto a isso, a ID 01 comentou que o modelo B seria melhor para quem ainda não conhece a bandeira do estado, enquanto o modelo A deve ser melhor para quem nasce cego. Em relação ao modelo mais escolhido, a ID 04 comentou que esse é mais bonito, delicado e detalhado. Em contrapartida, a ID 05 se referiu a preferência ao modelo A devido a área de preenchimento possibilitar uma melhor aderência ao toque.

No que se refere a pontos negativos do modelo, apenas os ID 01 e 05 comentaram sobre o tamanho de algum símbolo. A ID 01 relatou que o sol poderia ser mais aberto, enquanto a ID 05 afirmou que no modelo A, o símbolo da estrela poderia ser um pouco maior, ambos também comentaram essas duas observações como pontos de melhorias. Contudo, os pontos negativos citados por tais usuários não se referem necessariamente a utilização do *displacement map* nas peças, e sim a vetorização das peças, uma vez que foram seguidas as proporções estabelecidas por lei para a bandeira. Os demais respondentes afirmaram que não existem algo negativos nos modelos e nem a necessidade de melhorias.

Ainda, com relação aos símbolos, devido as configurações de vetorização, a cruz, o sol e a estrela presentes no modelo B ficaram proporcionalmente maiores do que a do modelo A. Nesse aspecto a maioria dos participantes percebeu a diferença e afirmaram que a proporção maior seria melhor para compreensão. Nesse sentido, é possível concluir que gerar formas que distorçam um pouco a proporção, seja esta uma forma de garantir uma melhor usabilidade para os usuários, mesmo que esta diferença não esteja de acordo com as proporções oficiais, no caso da bandeira estudada. Em relação as partes que apresentaram falhas de impressão, os voluntários não reclamaram dessas inconformidades. Ainda assim, entende-se que esse comportamento deve ser melhor investigado em projetos futuros, a fim de permitir uma área mais uniforme.

6. DISCUSSÃO

Através das observações da aplicação da ferramenta *displacement map* no desenvolvimento dos modelos, junto a aplicação dos modelos com os usuários, percebe-se que, de maneira geral, os recursos desenvolvidos foram bem aceitos pelo público-alvo. A aceitação comprova o potencial da utilização do *displacement map* no desenvolvimento de recursos táteis educacionais para educação inclusiva de PDV.

Nesse contexto, o desenvolvimento de recursos táteis em salas de aula deve ser uma ação cada vez mais incentivada. Em relação a isso, no estudo realizado por Wottrich, Oliveira-Menegotto e Heidrich (2020), as autoras identificaram que a maioria da população acredita que as escolas não são preparadas para receber alunos com deficiência visual e boa parte não souberam se posicionar perante a tal questionamento (WOTTRICH, OLIVEIRA-MENEGOTTO; HEIDRICH, 2020). Esse fato se encontra presente nas declarações dos participantes do presente estudo, no qual a maioria afirmou que não teve contato com recursos educacionais no ambiente escolar.

Além disso, ressalta-se ainda que quando se refere a acessibilidade, muitas vezes é utilizada uma única forma de acesso ao conteúdo. Como foi visto na própria instituição, os livros presentes não contam com a tradução tátil das imagens, o que garantiria um melhor suporte à aprendizagem. Quanto a isso, Castro et al. (2015) afirmam que apenas considerar que a utilização de livros traduzidos em Braile, sem apoio a inclusão de figuras táteis são suficientes para as PDV, torna-se um equívoco que prejudica exclusivamente os alunos com deficiência visual.

Apesar da aplicação dos modelos terem ocorrido apenas com usuários adultos, acredita-se que os recursos desenvolvidos e testados, podem se tornar um atrativo para crianças com deficiência visual na associação. Os relevos criados a partir do *displacement map* serão capazes de desenvolver a percepção desses usuários. Nesse aspecto, Garcia e Braz (2020, p. 634), ao se referirem as crianças com deficiência visual, afirmam sobre a necessidade de desenvolver atividades que "[...] estimulem a exploração e o desenvolvimento amplo dos outros sentidos, formando uma aprendizagem que tenha significado".

Nessa conjuntura, Silva, Silva e Batista (2014) afirmam que na configuração de brinquedos para crianças com deficiência visual, algumas características como a adoção de cores contrastantes, texturas, superfícies refletivas, a utilização de sons e aromas podem auxiliar na usabilidade desses produtos. Dessa forma, o desenvolvimento de recursos auxiliares de educação criados a partir do *displacement map*, aliado as características propostas por Silva, Silva e Batista (2014) pode

contribuir para que estes recursos possibilitem uma melhor interação entre alunos com deficiência visual, bem como possuir mais atratividade para alunos sem deficiência. Assim, gera-se um ambiente escolar inclusivo, através da participação de todos com equidade.

Nesse cenário, acredita-se que a aplicação do *displacement map* pode contribuir de forma prática no desenvolvimento de recursos didáticos que sejam úteis para um maior número de alunos, expandindo o público-alvo estudado nesse trabalho. Como por exemplo, a utilização desses recursos em salas de aula inclusivas que permitam a interação entre estudantes com deficiência e estudantes sem deficiência, gerando um ambiente inclusivo, participativo e colaborativo.

Nessa situação, Chicca Junior, Castilho e Coutinho (2015) afirmam que os recursos educacionais táteis possibilitam o aumento da presença dos diversos perfis de usuários através do fornecimento da mesma informação para todos, nos quais são utilizados outros canais sensoriais, além de somente a visão. Assim, a utilização de tais recursos garantem acesso livre e ilimitado a todos, sejam eles alunos com necessidade de atendimentos especializados ou não (CHICCA JUNIOR, CASTILHO; COUTINHO, 2015). Esse pensamento se aproxima da abordagem do Design Inclusivo, a qual Muniz e Okimoto (2021) afirmam sobre a necessidade do uso dessa abordagem no desenvolvimento de recursos didáticos como uma forma de promover a autonomia e independência, além de facilitar o bom desempenho no processo de ensino-aprendizagem dos alunos.

Em corroboração, Sá, Campos e Silva (2007), argumentam sobre a necessidade da criação de um ambiente que privilegie a interação e convivência das PDV em múltiplas formas de acesso aos conteúdos escolares, como à leitura e à escrita. Assim, o desenvolvimento dos recursos educacionais direcionados a esses estudantes devem estimular a exploração e o desenvolvimentos dos sentidos remanescentes (SÁ; CAMPOS; SILVA, 2007). Concordam com essa perspectiva Nunes e Lomônaco (2010) ao afirmarem sobre a indispensabilidade de materiais gráficos tateáveis adaptados ao contexto escolar. Dessa forma, através do acesso as mesmas informações que os outros estudantes possuem, os alunos com deficiência visual não estarão em desvantagem em relação a aprendizagem (NUNES; LOMÔNACO, 2010).

Ainda, a criação de um ambiente de desenvolvimento de produtos interdisciplinar deve ser uma estratégia cada vez mais adotada. Quanto a isso, Silva et al., (2014) afirmam que a cooperação entre áreas contribui de forma significativa, gerando melhores resultados para projeto de produtos para PCD. Nesse aspecto, Cardoso (2016, p. 14) afirma que “no mundo complexo em que vivemos, as melhores soluções costumam vir de trabalho em equipe e em rede”.

Com relação a MA para a transformação física do material, notou-se que podem ser realizados outros estudos que garantam uma impressão com melhor custo-benefício entre materiais e tempo gasto. Nesse sentido, Paiva e Nogueira (2021) afirmam que essas tecnologias ainda não possuem um valor tão acessível no país, mas que com a popularização da MA, a tendência é que esses preços se tornem acessíveis ao longo do tempo (PAIVA; NOGUEIRA, 2021). Apesar disso, não é possível estimar quando e se as máquinas de MA estarão presentes em todas as instituições de ensino, auxiliando o ensino inclusivo. Enquanto esse futuro não chega, a colaboração entre instituições como universidades, escolas e empresas pode ser uma medida que possa disseminar ainda mais a utilização da impressão 3D na educação inclusiva.

Ainda, ressalta-se a relevância da contribuição do estudo para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU. Especificamente os objetivos 4 e 10, são eles: Educação de qualidade (objetivo 4), especialmente o tópico que prevê, dentre outros aspectos, a igualdade de acesso a todos os níveis de educação às pessoas com deficiência e para os mais vulneráveis (UN, 2020a). Além do objetivo 10: Redução das desigualdades, especificamente o tópico que incentiva o empoderamento da promoção da inclusão social para todos, sem distinção de gênero, idade, deficiência, entre outros (UN, 2022b).

Na aplicação do modelo na instituição, foi notada a empolgação dos participantes em poder acessar novamente, ou de assimilar pela primeira vez o formato da bandeira do estado. A realização de mais estudos como esse, podem garantir que PDV tenham as mesmas disponibilidades de acesso aos conteúdos como os demais estudantes, visto que a carência por recursos educacionais táteis nas instituições é identificada por diversos estudos (BRUNO; NASCIMENTO, 2019; BUTLER et al., 2016; NUNES; LÔMACO, 2010; SIMUI, et al., 2018). A aceitação e empolgação dos voluntários nesse estudo comprova o fator de impacto social que pesquisas em design podem gerar.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo teve o objetivo de apresentar a aplicação da ferramenta *displacement map* para a conversão de imagens bidimensionais em tridimensionais no desenvolvimento de recursos assistivos para auxílio à educação inclusiva para Pessoas com Deficiência Visual. Para tal, a pesquisa foi dividida em duas fases, foram elas: fase 01 (compreensão) e fase 2 (aplicação). Assim, diante dos procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento do estudo, considera-se que o objetivo foi alcançado satisfatoriamente.

Nesse sentido, destaca-se as contribuições encontradas na literatura científica (fase 01), as quais embasaram os temas que cercaram a pesquisa, tais como a deficiência visual, a Educação Inclusiva, Design Inclusivo, Design Centrado no Usuário, Tecnologia Assistiva, Manufatura Aditiva e os mapas de textura. Dessa forma, foi possível gerar aprofundamento teórico, estabelecer relações entre os temas e conhecer como estes contribuíram para o desenvolvimento do estudo. Da mesma forma, entende-se o potencial de contribuição gerada a partir da parte prática da pesquisa (fase 02), a qual foi guiada pelo GODP que permitiu a realização dos testes com o *displacement map* identificando demandas reais de uma instituição e contribuiu com estudos iniciais para o desenvolvimento de soluções práticas para as demandas identificadas, além disso o GODP possibilitou que o projeto se baseasse nos preceitos do DCU.

Dessa forma, especificamente no que tange a modelagem tridimensional, os testes práticos realizados com o *displacement map* demonstraram a potencialidade de aplicação da ferramenta para o desenvolvimento de recursos educacionais inclusivos. Nesse aspecto, a utilização da tecnologia pode auxiliar projetistas na conversão de imagens bidimensionais em modelos tridimensionais, gerando recursos educacionais que permitirão auxiliar professores nas aulas de disciplinas que possuam alta carga visual, tais como a representação de mapas, bandeiras, representação em relevo de contorno de animais e plantas; assim como a representação de planificação de células, bactérias, dentro outros; outra possibilidade de aplicação está relacionada com a representação de plantas baixas que podem auxiliar PDV na aprendizagem de cômodos e ambientes de casas.

Além disso, a utilização do *displacement map* se mostrou uma forma de agilizar o desenvolvimento da modelagem tridimensional, uma vez que as extrusões realizadas na malha geométrica são geradas automaticamente. Nesse sentido, a

imagem bidimensional, utilizada como mapa de textura, possui papel fundamental para a geração de bons resultados. Nesse aspecto, reforça-se a necessidade da realização de vetorização da imagem bidimensional, para que a conversão em imagem tridimensional – a partir do *displacement* - possa ocorrer de forma satisfatória. Ainda, é necessário frisar que as configurações utilizadas no estudo não são universais, portanto, a aplicação em outros projetos deverá ser configurada da forma que gere o melhor resultado.

Com relação aos testes com os usuários, a MA teve papel fundamental para garantir a materialização dos modelos. Nesse sentido, os parâmetros de avaliação foram considerados positivos por todos os participantes. Assim, é possível concluir que a materialização dos modelos gerados a partir do *displacement map* possibilita que as PDV compreendam as formas e símbolos presentes, bem como a altura das extrusões se apresenta de forma satisfatória para a compreensão e aplicação com os usuários. Desse modo, ressalta-se a relevância da colaboração entre a modelagem tridimensional e a Manufatura Aditiva.

Nesse contexto, acredita-se que a utilização da ferramenta pode se expandir para além de designers e projetistas. Para tanto, a realização de parcerias com instituições com o objetivo de capacitar profissionais da educação para a criação de recursos educacionais, através da ferramenta pode ser uma alternativa que permita a disseminação, e a longo prazo, permitir que cada vez mais as escolas possuam um ambiente que permita o desenvolvimento de todos os alunos com equidade.

Assim, mediante a realização dos testes, destaca-se a relevância social da pesquisa em apresentar a aplicação de uma ferramenta que pode contribuir para o desenvolvimento de produtos educacionais, em como produtos de outra natureza. Nesse aspecto, é possível desenvolver recursos auxiliares de ensino que permitam que PDV possam assimilar o conteúdo que está sendo exposto, através dos outros sentidos remanescentes, incentivados pela utilização de modelos físicos como apresentado no estudo. Além disso, tais modelos podem gerar um ambiente inclusivo, uma vez que poderá ser utilizado como recurso de aprendizagem para pessoas que não possuem deficiência, perspectiva que está de acordo com a Escola Inclusiva, bem como os princípios do Design Inclusivo e do Design Universal para Aprendizagem.

Nesse aspecto, ressalta-se que apesar do potencial de aplicação apresentado no presente estudo, a utilização do *displacement map* no desenvolvimento de recursos educacionais não deve ser isolado. Isso porque se faz necessário a utilização de outros meios de acessibilidade que permitam que tais recursos educacionais sejam utilizados satisfatoriamente por alunos com deficiência visual, dentre eles a escrita em Braile, audiodescrição, diferenciação de texturas e cores, dentre outros. Tais recomendações são essenciais para garantir que o recurso gere uma melhor percepção do assunto ao aluno.

Como limitações, destaca-se que como o *displacement* foi criado originalmente para gerar renderizações mais realistas, a aplicação do mesmo em projetos extensos exigirá muito processamento do computador. Assim como, essa limitação contribui para a geração de dificuldades de edição da malha geométrica. Quanto a isso, faz-se necessário o desenvolvimento de novos estudos que objetivem otimizar tais processos.

Por ser um estudo inicial, entende-se que o relato descrito aqui não esgota as possibilidades sobre o tema, pelo contrário, espera-se que novos estudos sejam desenvolvidos. Quanto a isso, durante o desenvolvimento do estudo foi possível identificar olhares para futuros desdobramentos da pesquisa, tais como: estudos que aprofundem o comportamento da ferramenta em outras variáveis, como diferentes *softwares* de modelagem, bem como a combinação com outras ferramentas de mapa de textura; estudos que permitam a otimização da edição da modelagem gerada a partir do *displacement map*, bem como formas que possibilitem a utilização da ferramenta em computadores mais básicos; aplicação do *displacement* para além de imagens de bandeiras; além de pesquisas estudem a possibilidade de otimização do percurso da impressora 3D para a impressão desses modelos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Federal de Pernambuco, Campus Agreste (UFPE/CA), ao Laboratório de Design Inclusivo (LabDIn) e ao Laboratório de Ergonomia de Produtos, Processos e Ambientes (ErgoQG); e a Associação Caruaruense de Cegos (ACACE).

REFERÊNCIAS

1. ACACE - ASSOCIAÇÃO CARUARUSENSE DE CEGOS. Terceira Reformulação dos Estatutos Sociais da Associação Caruaruense De Cegos- ACACE. Caruaru-PE, 2020. 21 p. Disponível em: http://www.acace.org.br/estatuto. Acesso em: 04 abr. 2022.
2. ACACE – ASSOCIAÇÃO DE CARUARUENSE DE CEGOS. Missão. Disponível em: https://acace.org.br/missao. Acesso em 04 abr. 2022b.
3. ACACE – ASSOCIAÇÃO DE CARUARUENSE DE CEGOS. Nossa História. Disponível em: https://acace.org.br/nossahistoria. Acesso em 04 abr. 2022a.
4. ACACE – ASSOCIAÇÃO DE CARUARUENSE DE CEGOS. Quem somos. Disponível em: https://acace.org.br/quemsomos. Acesso em 04 abr. 2022c.
5. BERSCH, Rita. Introdução à Tecnologia Assistiva. Porto Alegre: Assistiva, Tecnologia e Educação, 2017. Disponível em: https://www.assistiva.com.br/Introducao_Tecnologia_Assistiva.pdf. Acesso em: 11 jun. 2020.
6. BRASIL. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Brasília, 2015. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm. Acesso em 02 maio 2022.
7. BRENDLER, Clariana Fischer *et al*. Recursos didáticos táteis para auxiliar a aprendizagem de deficientes visuais. Educação gráfica. Vol. 18, n. 3, p. 141-157, 2014.
8. BRUNO, Marilda Moraes Garcia; NASCIMENTO, Ricardo Augusto Lins do. Política de Acessibilidade: o que dizem as pessoas com deficiência visual. Educação & Realidade, Porto Alegre, v. 44, n. 1, 2019.
9. BUTLER, Matthew et al. Understanding the graphical challenges faced by vision-impaired students in Australian universities. Higher Education Research & Development, v. 36, n. 1, p. 59-72, 2016.
10. CARDOSO, Rafael. Design para um mundo complexo. São Paulo: Ubu Editora, 2016. 264 p.
11. CARDOSO, Wellington Prato et al. Modelagem 3D. Porto Alegre: SAGAH, 2019. 170 p. [*E-book*].
12. CASTRO, Helena Carla et al. Ensino Inclusivo: um breve olhar sobre a educação inclusiva, a cegueira, os recursos didáticos e a área de biologia. Revista Práxis, v. 7, n. 13, 2015.

13. CHICCA JUNIOR, Natal; CASTILLO, Leonardo Gómez; COUTINHO, Solange Galvão. A impressão 3D contribuindo em projetos de design da informação. In: 7th Information Design International Conference, 2015, Brasília, Brasil. 7th Information Design International Conference. São Paulo: Blücher, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.5151/designpro-cidi2015-cidi_193. Acesso em: 16 maio 2022.

14. COSTA, Carlos Alberto; LUCIANO, Marcos Alexandre; VOLPATO, Neri. Processo de desenvolvimento de produto auxiliado pela AM. *In*: VOLPATO, Neri (org.). Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2018. p. 45-68. ISBN 978-85-212-1151-8. *E-book*.

15. COSTA-RENDERS, Elizabete Cristina; DO NASCIMENTO GONÇALVES, Maria Aparecida; DOS SANTOS, Marcela Herrera. O Design Universal Para Aprendizagem: uma abordagem curricular na escola inclusiva. Revista e-Curriculum, v. 19, n. 2, p. 705-728, 2021.

16. GARCIA, Fabiane Maia; BRAZ, Aissa Thamy Alencar Mendes. Deficiência visual: caminhos legais e teóricos da escola inclusiva. Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação, v. 28, p. 622-641, 2020.

17. GIACOMIN, Joseph. What Is Human Centred Design? The Design Journal, v. 17, n. 4, p. 606-623, 2014.

18. GIBSON, Ian et al. Additive Manufacturing Technologies. 3. ed. Cham: Springer International Publishing, 2021. E-book.

19. GIL, Antonio Carlos. Como Elaborar Projetos de Pesquisa. 7.ed. Barueri, São Paulo: Atlas, 2022. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786559771653/. Acesso em: 10 mar. 2022. *E-book.*

20. GIL, Antonio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019. 230 p. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786559771653/. Acesso em: 10 mar. 2022. *E-book.*

21. GOMES, Danila; QUARESMA, Manuela. Introdução ao design inclusivo. Curitiba: Appris, 2018. 155 p.

22. HADDAD, Maria Aparecida Onuki et al. Série Deficiência Visual: medidas essenciais para promoção da qualidade de vida. São Paulo: Conselho Brasileiro de Oftalmologia - CBO, 2018.

23. ICD - International Classification of Diseases 11th Revision: The global standard for diagnostic health information. Disponível em: https://icd.who.int/browse11/l-m/en. Acesso em: 07 mar. 2022.

24. IDT – INCLUSIVE DESIGN TOOLKIT. What is inclusive design? Disponível em: http://www.inclusivedesigntoolkit.com/whatis/whatis.html. Acesso em 02 jun. 2022.

25. LENGYEL; Eric. Foundations of Game Engine Development. Vol. 2. Lincoln, California: Terathon Software LLC, 2019.

26. MERINO, Giselle Schmidt Alves Díaz. GODP - Guia de orientação para Desenvolvimento de Projetos: Uma metodologia de Design Centrado no Usuário. Florianópolis: NGD/UFSC, 2016. Disponível em: www.ngd.ufsc.br. Acesso em: 01 jun. 2016.

27. MITTLER, Peter. Educação inclusiva: contextos sociais. Artmed, 2007. *E-book.*

28. MUNIZ, Júlia Pereira Steffen; OKIMOTO, Maria Lucia Leite Ribeiro. Imagens audiotáteis para estudantes cegos no ensino de artes: uma revisão bibliográfica sistemática. In: 10º Congresso Internacional de Design da Informação e 10º Congresso Nacional de Iniciação Científica em Design, 2021, Curitiba. 10º Congresso Internacional de Design da Informação e 10º Congresso Nacional de Iniciação Científica em Design. São Paulo: Editora Blucher, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.5151/cidicongic2021-030-353724-cidi-educacao.pdf. Acesso em: 01 maio 2022.

29. NEWELL, Alan. Inclusive Design or Assistive Technology. In: CLARKSON, John et al. (Ed.). Inclusive Design: design for the whole population Londres: Springer, 2003. p. 172-181.

30. NUNES, Sylvia; LOMÔNACO, José Fernando Bitencourt. O aluno cego: preconceitos e potencialidades. Psicologia Escolar e Educacional, v. 14, n. 1, p. 55-64, 2010.

31. OTTAIANO, José Carlos Alves et al. As condições de saúde ocular no Brasil. São Paulo: Conselho Brasileiro de Oftalmologia - CBO, 2019. [recurso eletrônico]. Disponível em: https://cbo.net.br/2020/admin/docs_upload/025613Publicacao_condicoes_saude_ocular_brasil_2019_cbo_atualizacao_2020_bq%20(1).pdf. Acesso em: 20 fev. 2022.

32. PAIVA, Thiago Neves; NOGUEIRA, Cássio Cipriano. Estudo Comparativo das Principais Tecnologias de Impressão 3D no Brasil. Facit Business and Technology Journal, v. 1, n. 24, 2021.

33. PERNAMBUCO. Lei nº 17.139, de 28 de dezembro de 2020. Define as especificações técnicas para reprodução da Bandeiro do Estado de Pernambuco. Recife, 2020. Disponível em: https://legis.alepe.pe.gov.br/texto.aspx?id=53823#:~:text=Define%20as%20especifica%C3%A7%C3%B5es%20t%C3%A9cnicas%20para%20reprodu%C3%A7%C3%A3o%20da%20Bandeira%20do%20Estado%20de%20Pernambuco. Acesso em 1 jun. 2022.

34. PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2 ed. Novo Hamburgo: Feevale, 277 p., 2013. *E-book*.

35. REDWOOD, Ben; SCHÖFFER, Filemon; GARRET, Brian. The 3D printing handbook: technologies, design and applications. Amsterdam, The Netherlands: 3D Hubs, 2017.

36. RICARDO, Débora Cristina. Boas Práticas de Acessibilidade na Educação Superior: Tecnologia Assistiva e Desenho Universal. 2017. p. 297. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2017.

37. SÁ, Elizabet Dias de; CAMPOS, Izilda Maria de; SILVA, Myriam Beatriz Campolina. Atendimento Educacional Especializado em Deficiência Visual. Brasília: MEC/SEESP, 2007.

38. SANTOS, Jorge Roberto Lopes dos. A manufatura aditiva no design de produtos. *In*: VOLPATO, Neri (org.). Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2018. p. 31-44. ISBN 978-85-212-1151-8. *E-book.*

39. SILVA, Roseane Santos da et al. Proposta interdisciplinar do design de produtos com a terapia ocupacional no processo de desenvolvimento de produtos para crianças com baixa visão. Design e Tecnologia, v. 4, n. 07, p. 30-38, 2014.

40. SILVA, Roseane Santos da; SILVA, Regio Pierre da; BATISTA, Vilson Joao. Desenvolvimento de brinquedos para crianças com deficiência visual: um estudo de caso. Educação Gráfica, vol. 18, n. 2, p. 123-141, 2014.

41. SIMUI, Francis et al. Enablers and disablers to academic success of students with visual impairment: A 10-year literature disclosure, 2007–2017. British Journal of Visual Impairment, v. 36, n. 2, p. 163-174, 2018.

42. SOUZA; Carla Florentino; ARAÚJO, Edson Leite; LEE; Jennifer Chuin. Mapeamento de Textura – uma introdução. UNICAMP: 2011. 26 p.

43. UN – UNITED NATIONS FOUNDATION. Goal 10: Reduced inequalities. Disponível em: https://www.undp.org/sustainable-development-goals#reduced-inequalities. Acesso em 01 abr. 2022b.

44. UN – UNITED NATIONS FOUNDATION. Goal 4: Quality education. Disponível em: https://www.undp.org/sustainable-development-goals#quality-education. Acesso em 01 abr. 2022a.

45. VOLPATO, Neri; CARVALHO, Jonas de. Introdução à manufatura aditiva ou impressão 3D. In: VOLPATO, Neri (org.). Manufatura aditiva: tecnologias e aplicações da impressão 3D. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2018. p. 15-30. ISBN 978-85-212-1151-8. *E-book*.

46. WALLER, Sam et al. Making the case for inclusive design. Applied Ergonomics, v. 46, p. 297-303, jan. 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.03.012. Acesso em: 01 jun. 2022.

47. WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. Blindness and vision impairment. Disponível em: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment. Acesso em: 09 mar. 2022b.

48. WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. Eye care, vision care, vision impairment and blindness. Disponível em: https://www.who.int/health-topics/blindness-and-vision-loss#tab=tab_1. Acesso em: 10 mar. 2022a.

49. WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. World report on vision.Geneva: 2019. ISBN: 978-92-4-151657-0. 180 p. [Recurso eletrônico].

50. WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION; UNICEF - UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND. Global report on assistive technology. Geneva: 2022. ISBN: 978-92-4-004945-1. 140 p. [Recurso eletrônico].

51. WOTTRICH, Joanna; OLIVEIRA-MENEGOTTO, Lisiane Machado de; HEIDRICH, Regina de Oliveira. Deficiência visual: considerações sobre Inclusão, Tecnologias Assistivas e Representações Sociais no Brasil. Revista Educação e Cultura Contemporânea, v. 17, n. 51, p. 294-311, 2020.