

ANATOMIA TÁTIL 3D: MATERIAL EDUCATIVO INCLUSIVO PARA O ENSINO E APRENDIZAGEM DA ANATOMIA HUMANA

3D TACTILE ANATOMY: INCLUSIVE EDUCATIONAL MATERIAL FOR TEACHING AND LEARNING HUMAN ANATOMY

Anderson Roges Teixeira Góes¹

Poliana Batista Pinheiro²

José Ricardo Dolenga Coelho³

Heliza Colaço Góes⁴

Resumo

Este estudo apresenta o desenvolvimento do projeto Anatomia Tátil 3D baseado nos princípios do Desenho Universal (DU). O objetivo é criar representações tridimensionais de órgãos humanos, visando o ensino de estudantes do Ensino Fundamental II. Utilizando o software Blender, imagens do aplicativo Atlas Anatomia 3D são referências para a modelagem e posterior impressão 3D. As peças desenvolvidas incluem texturas representativas dos tecidos dos órgãos, legendas em Braille e alfabeto tradicional. O estudo cumpre os princípios do DU, garantindo equidade, adaptação, segurança e facilidade de uso para todos os estudantes, promovendo uma experiência educacional inclusiva e enriquecedora.

Palavras-chave: Ensino Inclusivo, anatomia Humana, Impressão 3D.

Abstract

This study presents the development of the Anatomia Tátil 3D project based on the principles of Universal Design (UD). The objective is to create three-dimensional representations of human organs for teaching students. Using Blender software, images from the Atlas 3D Anatomy app are used as references for modeling and subsequent 3D printing. The developed pieces have textures representing organ tissues and include legends in Braille and traditional alphabet. The study complies with the principles of UD, ensuring equality, adaptability, safety, and ease of use for all students, promoting an inclusive and enriching educational experience.

Key-words: Inclusive Education, Human Anatomy, 3D Printing.

¹ artgoes@ufpr.br

² poliana.pinheiro@ufpr.br

³ dolenga@ufpr.br

⁴ heliza.goes@ifpr.edu.br

1 INTRODUÇÃO

O Desenho Universal (DU) é uma abordagem que visa criar produtos, ambientes e serviços de forma a serem acessíveis e utilizáveis por todas as pessoas, independentemente de suas habilidades ou características físicas. Em vez de projetar especificamente para pessoas com deficiência, o objetivo é desenvolver soluções que atendam às necessidades de um amplo espectro de usuários, tornando-as inclusivas e garantindo que todos possam utilizar e desfrutar delas com a mesma facilidade. Em essência, o DU busca eliminar barreiras e restrições ao acesso, promovendo a igualdade e a independência para todas as pessoas (CARLETTO; CAMBIAGHI, 2007).

Para alcançar esses objetivos, são adotados sete princípios que promovem a igualdade, adaptabilidade, facilidade de uso e a segurança para todos os usuários independentemente de suas habilidades, idades ou necessidades (CARLETTO; CAMBIAGHI, 2007):

1. Equitativo: os projetos ou espaços devem ser útil e relevante com uma ampla variedade de habilidades e características, sem isolar ou estigmatizar qualquer grupo de usuários.

2. Flexibilidade de uso: qualquer projeto ou espaço deve acomodar diversas preferências e habilidades individuais, proporcionando opções nos métodos de uso e adaptando-se às necessidades do usuário.

3. Uso simples e intuitivo: os projetos ou espaços devem ser de fácil compreensão, independentemente da experiência, conhecimento, habilidades linguísticas ou nível de concentração do usuário.

4. Informação perceptível: é necessário que os projetos ou espaços comuniquem informações necessárias de maneira eficaz por meio de diferentes modalidades sensoriais (como visão, audição e tato) para otimizar a compreensão.

5. Tolerância a erros: os projetos ou espaços devem minimizar riscos e consequências adversas de ações acidentais ou não intencionais, sendo resistentes a erros ou permitindo a recuperação fácil.

6. Mínimo esforço físico: os projetos ou espaços devem ser utilizável de maneira eficaz e confortável, com um mínimo de fadiga, sem exigir força excessiva ou movimentos repetitivos.

7. Abrangente: os projetos ou espaços devem considerar dimensões apropriadas e espaços para acomodar uma variedade de tamanhos e habilidades, permitindo uma aproximação e uso convenientes.

Produtos e ambientes que cumprem esses princípios são inclusivos e acessíveis, promovendo a equidade e a diversidade. Eles são frequentemente aplicados em áreas da sociedade como arquitetura, design de produtos, tecnologia da informação, no entanto, a escola sendo parte da sociedade precisa se atentar a eles, para que se tenha uma educação inclusiva e equitativa. Com isso, os materiais didáticos devem garantir o acesso a cada estudante, independentemente de suas habilidades, necessidades ou características individuais, garantindo que todos os estudantes tenham a oportunidade de aprender e se desenvolver, independentemente de suas características individuais. (GÓES; COSTA, 2022)

Nesse contexto, o presente estudo apresenta resultados parciais do desenvolvi-

mento de um material didático, denominado de Anatomia Tátil 3D, que se baseia nos princípios do DU. Com isso, busca colaborar com um ensino inclusivo relacionado a temática de anatomia humana, visando se adequar às necessidades todos os estudantes da educação básica e permitir uma aprendizagem que seja, principalmente: equitativa, interativa e autônoma no ambiente escolar.

A demanda para o desenvolvimento do material surge da colaboração entre a Secretaria de Educação de São José dos Pinhais e o pesquisadores de três instituições federais de ensino de Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Universidade Tecnológica Federal do Paraná e Instituto Federal do Paraná.

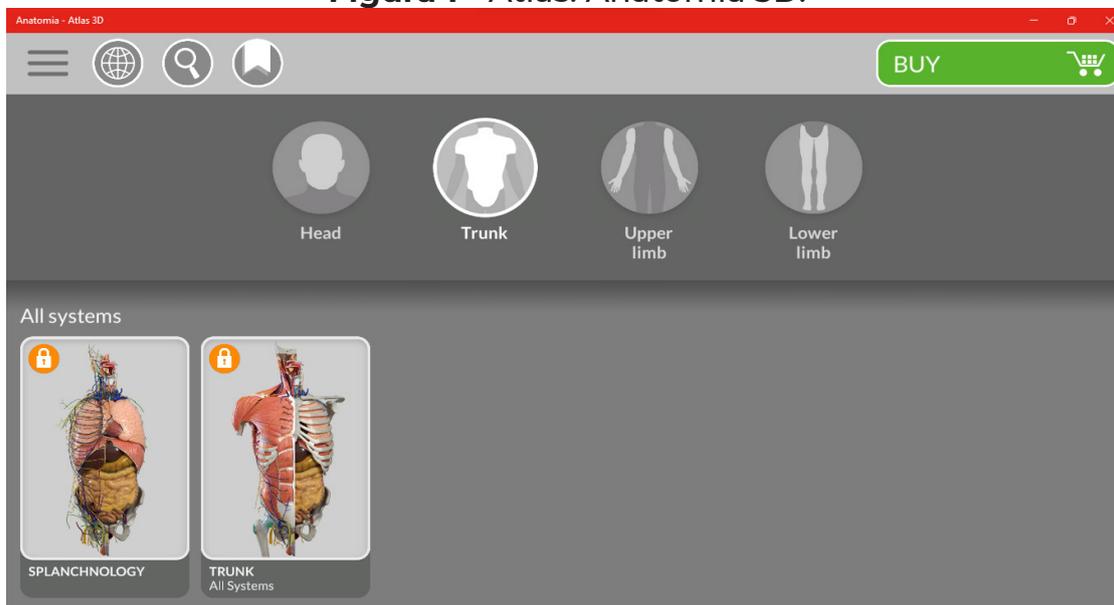
2 MATERIAIS E MÉTODOS

Parte-se dos princípios do DU para o desenvolvimento do projeto Anatomia Tátil 3D, com o objetivo de produzir representações tridimensionais de órgãos humanos para o ensino e aprendizado de anatomia. O público-alvo são estudantes do Ensino Fundamental II, mais especificamente do sexto ano, com uma faixa etária de onze anos de idade, de acordo com a Base Nacional Curricular Comum (BNCC).

Nesta primeira etapa de desenvolvimento o projeto foi delimitado a desenvolver os órgãos da região do tronco, portanto, fez-se necessária a busca por uma fonte confiável de modelos utilizados como referência para a modelagem posteriormente.

Para o processo de modelagem, são utilizadas imagens como referência obtidas no aplicativo Atlas: Anatomia 3D (Figura 1), que possui amplas representações de órgãos, tecidos e demais estruturas corporais.

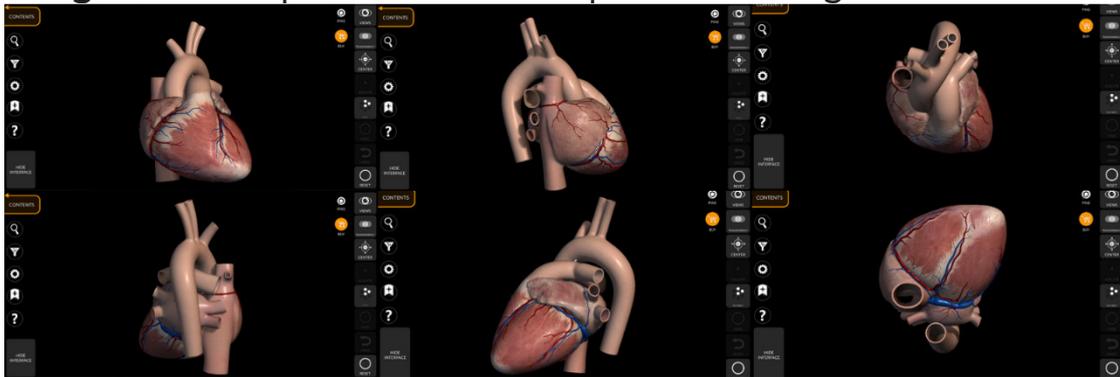
Figura 1 - Atlas: Anatomia 3D.



Fonte: os autores

O aplicativo Atlas: Anatomia 3D, em sua versão paga, possui a geração de vistas frontal, lateral, superior e inferior, sendo possível utilizar tais referências para o desenvolvimento os órgãos nesse projeto a serem modelados tridimensionalmente (Figura 2).

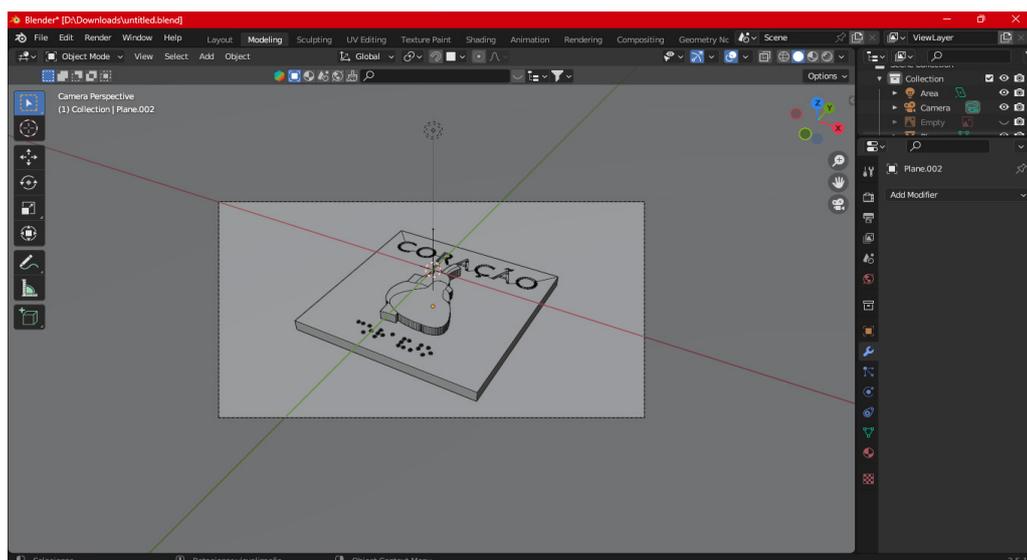
Figura 2 - Perspectivas utilizadas para a modelagem no Blender



Para a modelagem 3D dos órgãos estamos utilizando o software Blender, que possui uma licença gratuita e permite a criação de formas orgânicas e geométricas. Para este projeto a modelagem visa desenvolver órgãos, não somente para a visualização virtual, mas também para a impressão 3D, que carece de técnicas específicas que viabilizem a materialização do modelo tridimensional.

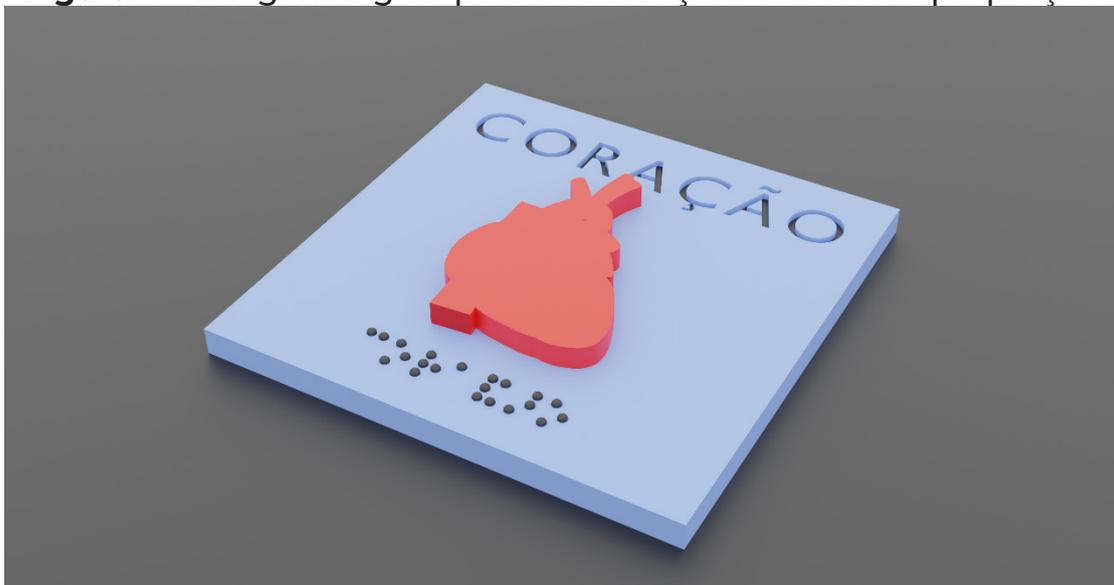
A fim de seguir os princípios propostos, as peças do projeto apresentam texturas que reproduzem os tecidos dos órgãos. Além disso, serão utilizadas peças de encaixe que funcionarão como legendas, contendo uma representação 3D com face inferior planificada do órgão com a respectiva textura – similar ao apresentado nos livros didáticos convencionais - o nome escrito em braile e no alfabeto tradicional serão aplicados à peça. Como exemplo, a Figura 3 apresenta a modelagem de uma peça, denominada de legenda, referente ao coração, ainda sem aplicação de textura no ambiente do software de modelagem 3D (Figura 3).

Figura 3 - Modelo digital da legenda do coração no ambiente de modelagem.



No ambiente virtual de modelagem é possível projetar as cores ideais de impressão, levando em consideração princípios de contraste e atração. Para a peça modelada decidiu-se que a base seria, idealmente, formada por um filamento de tom azul claro, o órgão em vermelho e os relevos em preto, gerou-se uma imagem colorida para melhor visualização. (Figura 4).

Figura 4 - Imagem digital para visualização das cores e proporção.



Para a disposição dos órgãos, será desenvolvida uma peça maior que representa o tronco humano. Nessa peça, existem áreas em baixo relevo que permitem o encaixe dos órgãos. Nas laterais do tronco, serão incorporados espaços para encaixe das peças legenda. Além disso, os órgãos em si possuirão um corte que possibilitará a visualização interna.

O material também leva em consideração uma análise da estatura média para a faixa etária do público-alvo, bem como suas proporções corporais, a fim de reproduzi-las no material. Essa abordagem visa proporcionar uma experiência mais dinâmica, lúdica, palpável e inclusiva para os estudantes, além de garantir que o público possa explorar todas as peças do tronco com baixo esforço pela proporção tronco e braços.

Para a impressão das peças, serão utilizadas impressoras FDM (Modelagem de Deposição Fundida), que utilizam como matéria-prima polímeros termoplásticos, ou impressoras SLA (Estereolitografia), que utilizam fotopolímeros com aplicação de luz UV, que possuem uma maior fidelidade com o modelo virtual por ter maior resolução de impressão, enquanto a impressora de PLA tem sua definição por parâmetros de impressão e tamanho do bico extrusor.

Quanto à definição das dimensões das placas legenda realizou-se dois testes, o primeiro com 100 x 100 mm e o segundo com 60 x 60 mm. Na primeira tentativa de impressão a peça ficou incompleta, tendo cerca de 80% da peça concluída, foi possível notar que a placa estava superdimensionada, portanto, optou-se por reduzir em cerca de 40% de suas dimensões. Após a redução foi realizada uma nova impressão, dessa vez imprimindo duas placas para conferir a regularidade da modelagem (Figura 5).

Figura 5 - Modelos de placas de legenda impressos em PLA.



Em seguida, para melhor visualização da peça finalizada, utilizou-se tinta acrílica, aplicada com pincel para colorir a placa e o órgão e caneta permanente branca para as pequenas áreas de relevo (figura 6).

Figura 6 - Modelos de placas de legenda coloridos.



Por ser um protótipo ainda será realizado o teste de usabilidade, após a finalização da peça principal. Com isso, será entregue a demanda ao município solicitante para que sejam realizadas práticas didáticas para posterior análise dos pesquisadores.

3 RESULTADOS

Ao analisar o Anatomia Tátil 3D constata-se que ele atende plenamente aos princípios do DU, como apresentado no Quadro 1:

Quadro 1: Análise do material por meio dos princípios do DU.

Princípio	Observação
Equitativo	Por meio de recursos como Braille e relevos táteis, o Anatomia Tátil 3D garante igualdade de acesso para todos os estudantes, incluindo aqueles com deficiência visual total ou parcial.
Flexibilidade de uso	Pode ser empregado de maneira inclusiva no ambiente escolar, tanto por estudantes com necessidades especiais quanto por aqueles sem, oferecendo uma experiência acessível para todos.
Uso simples e intuitivo	A correspondência da legenda com o material didático convencional facilita que o estudante relacione os materiais.
Informação perceptível	Estratégias para tornar a informação perceptível de maneiras distintas, incluindo apresentações visuais claras e leitura tátil. Isso viabiliza que os estudantes tenham acesso abrangente à informação.
Tolerância a erros	A legenda em composição com a peça principal do tronco permite que o estudante possa explorar de maneira cautelosa a peça e sempre tenha o material disponível para checar a correspondência da textura presente na legenda com o órgão correspondente posicionado no tronco.
Mínimo esforço físico	Cores de alto contraste e fonte adequada para reduzir a tensão ocular dos estudantes, garantindo uma leitura confortável e acessível para pessoas com baixa visão.
Abrangente	Projetado considerando a antropometria, as proporções corporais e o alcance do público-alvo.

Com os testes realizados pode-se notar que o tamanho das placas está adequado, a textura natural da impressão 3D em filamento não interfere na leitura do Braille, entretanto, o baixo relevo pode ser reduzido para que o preenchimento com tinta ocorra de maneira mais fácil e as dimensões do texto em braile podem ser aumentadas para que o público, que geralmente, não possui uma proficiência na leitura braile, em decorrência da pouca idade e falta de desenvolvimento do tato, possa ler com facilidade.

Seguindo os mesmos princípios do DU, de modelagem e impressão 3D para desenvolver as demais peças que irão compor o material, é possível notar o potencial no ensino da anatomia humana para o ensino fundamenta e contribuir para tornar a educação e a sala de aula mais inclusivas e atrativas para todos.

Dessa forma, o material cumpre os princípios do DU, é adaptável para salas diversificadas com e sem estudantes com deficiência, o que pode proporcionar uma experiência inclusiva e interativa para todos.

4 DISCUSSÃO

A abordagem do DU na criação do Anatomia Tátil 3D é importante e relevante para a educação inclusiva, destacando a importância de desenvolver materiais didáticos acessíveis e adaptáveis que atendam às necessidades de todos os estudantes, independentemente de suas habilidades ou características físicas. A aplicação dos princípios do DU no material, como a inclusão de Braille, relevos táteis, cores de alto contraste e proporções adequadas, demonstra uma preocupação com a igualdade de acesso e a autonomia dos estudantes.

Além disso, a utilização da tecnologia 3D e impressoras desempenha um papel vital na eficácia deste material educativo. Essa abordagem possibilita uma representação tridimensional precisa dos órgãos humanos, proporcionando uma experiência de aprendizado palpável e interativa. A modelagem e impressão das peças também garantem que os estudantes possam explorar os órgãos de forma segura e precisa, o que é fundamental para o sucesso dessa abordagem educativa.

O Anatomia Tátil 3D não se limita apenas a aspectos visuais, mas também aborda considerações ergonômicas e antropométricas, levando em conta a estatura média do público-alvo e suas proporções corporais. Isso resulta em um material educativo que se adapta às necessidades específicas dos estudantes, melhorando significativamente a usabilidade geral do Anatomia Tátil 3D. Essa atenção aos detalhes torna a experiência de aprendizado mais envolvente e equitativa para os estudantes, garantindo que o material atenda adequadamente às necessidades de todos.

Entretanto, para comprovar plenamente a eficácia do Anatomia Tátil 3D e perceber seus impactos positivos, são necessários testes e avaliações mais aprofundados em ambientes educacionais reais. Tais testes de usabilidade devem avaliar o desempenho acadêmico, a compreensão do conteúdo e a satisfação do usuário. Dados concretos obtidos a partir dessas avaliações fornecerão evidências fundamentais para respaldar a utilidade deste material e seu impacto na educação inclusiva.

Desta forma, o desenvolvimento do Anatomia Tátil 3D, com base nos princípios do DU e considerando aspectos ergonômicos e antropométricos, constitui uma contribuição significativa para a promoção da inclusão e acessibilidade no ensino de anatomia humana. Essa abordagem prioriza a igualdade de acesso e autonomia dos estudantes, enquanto oferece uma experiência de aprendizado envolvente. A continuidade desse trabalho, incluindo a realização de testes em ambientes educacionais reais, é fundamental para garantir que o material atenda plenamente às necessidades dos estudantes e, assim, promova uma educação mais inclusiva e enriquecedora.

5 CONCLUSÕES

O projeto Anatomia Tátil 3D é um marco notável na educação inclusiva, fornecendo uma abordagem interativa e acessível ao ensino da anatomia. Isso permite que os estudantes explorem órgãos de forma tangível, compreendam sua estrutura interna e apreendam as características do corpo humano. A modelagem e impressão 3D utilizadas tornam o aprendizado de anatomia envolvente e realista, permitindo que os estudantes toquem e sintam as texturas dos órgãos, o que aprimora significativamente a compreensão dos conceitos e conteúdos escolares/científicos.

A ênfase nos princípios do DU é fundamental para criar modelos tridimensionais

de órgãos humanos que sejam acessíveis e adequados a uma ampla variabilidade de estudantes. Este enfoque promove a equidade ao de acesso no ensino de anatomia, reconhecendo a diversidade de habilidades e características dos estudantes.

Em resumo, uma conclusão importante deste projeto é a necessidade de incorporar os princípios do DU no desenvolvimento de materiais educacionais. Em vez de criar produtos exclusivos para pessoas com deficiência, o DU busca soluções inclusivas que atendam a um amplo espectro de usuários. Isso é crucial em ambientes educacionais diversificados.

Este projeto representa um exemplo notável de como os princípios do DU podem ser aplicados de forma prática na criação de materiais educacionais. A acessibilidade está intrínseca em todas as etapas do desenvolvimento do Anatomia Tátil 3D, transformando o ambiente escolar em um espaço de inclusão e equidade.

A inclusão de legendas em Braille e alfabeto tradicional, juntamente com a modelagem dos órgãos, assegura que cada estudante possa compreender e interagir com o material de forma autônoma. Isso reflete um compromisso claro com a equidade, permitindo que todos tenham uma experiência de aprendizado completa e autônoma, um passo importante em direção a uma educação verdadeiramente inclusiva.

Os aspectos ergonômicos e antropométricos do Anatomia Tátil 3D proporcionam uma experiência confortável e realista durante o manuseio das peças, considerando a estatura média dos estudantes do Ensino Fundamental II. Isso garante que o material seja adaptado às necessidades específicas dos estudantes, otimizando a usabilidade e a eficácia do ensino.

Embora o projeto ainda esteja em desenvolvimento, os resultados da impressão das placas de legenda demonstram o potencial desse recurso educacional. Testes de usabilidade em ambientes educacionais são necessários para avaliar o desempenho acadêmico, a compreensão do conteúdo e a satisfação do usuário, proporcionando insights valiosos para aprimoramentos futuros. Outra questão importante é a aplicabilidade do projeto em diversos ambientes educacionais, não se limitando apenas ao Ensino Fundamental II. A escalabilidade é essencial para garantir que a acessibilidade e a inclusão estejam disponíveis para um público mais amplo.

Desta forma, a continuidade deste trabalho é crucial. À medida que o projeto avança, contribui significativamente para promover uma experiência educacional mais equitativa e enriquecedora para os estudantes e, ao mesmo tempo, aprimora-se o material para atender às necessidades de todos.

Por fim, a disseminação deste projeto em outras instituições educacionais e colaborações com órgãos governamentais e não-governamentais podem ampliar seu impacto, pois a acessibilidade na educação é um direito fundamental, e projetos como o Anatomia Tátil 3D desempenham um papel vital na promoção desse direito.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq/MCTI/FNDCT N° 18/2021 – UNIVERSAL - processo 404184/2021-9) e a Fundação Araucária (NAPI-TA) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Estatuto da Criança e do Adolescente: Lei federal nº 8069, de 13 de julho de 1990**. Rio de Janeiro: Imprensa Oficial, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

CARLETTO, A. C.; CAMBIAGHI, S. **Guia Desenho Universal: um conceito para todos**, 2007. Disponível em:

https://www.maragabrilli.com.br/wpcontent/uploads/2016/01/universal_web-1.pdf. Acesso em: 30 jul. 2023.

GÓES, A. R. T.; COSTA, P. K. A. Do Desenho Universal ao Desenho Universal para Aprendizagem. In: GÓES, A. R. T.; COSTA, P. K. A. (Orgs.). **Desenho Universal e Desenho Universal para Aprendizagem: Fundamentos, Práticas e Propostas para Educação Inclusiva**. São Carlos: Pedro & João Editores, 1. ed., 2022, pp. 25-33.