



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
FACULDADE DE MEDICINA
DEPARTAMENTO DE CIRURGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MÉDICO-CIRÚRGICAS**

JÔNATAS CATUNDA DE FREITAS

**DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE ATLAS VIRTUAL DE MODELOS
ANATÔMICOS 3D OBTIDOS POR FOTOGRAFIETRIA DE PEÇAS
CADAVERÍCAS**

**FORTALEZA
2024**

JÔNATAS CATUNDA DE FREITAS**DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE ATLAS VIRTUAL DE MODELOS ANATÔMICOS 3D OBTIDOS POR FOTOGRAMETRIA DE PEÇAS CADAVÉRICAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Médico-Cirúrgicas da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor.

Orientador: Prof. Dr. José Huygens Parente Garcia

Aprovada em: 05/07/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Huygens Parente Garcia
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profª. Dra. Christina Cesar Praça Brasil
Universidade de Fortaleza (UNIFOR)

Prof. Dr. Márcio Ribeiro Studart da Fonseca
Hospital Universitário Wálter Cantídio (UFC)

Profª. Dra. Delane Viana Gondim
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Helson Freitas da Silveira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

FORTALEZA**2024**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

F936d

Freitas, Jônatas Catunda de.

Desenvolvimento e validação de atlas virtual de modelos anatômicos 3D obtidos por fotogrametria de peças cadavéricas / Jônatas Catunda de Freitas. – 2024.

69 f. : il. color.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Medicina, Programa de Pós-Graduação em Ciências Médico-Cirúrgicas, Fortaleza, 2024.

Orientação: Prof. Dr. José Huygens Parente Garcia.

1. Anatomia. 2. Atlas. 3. Fotogrametria. 4. Ensino. I. Título.

CDD 617

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais por sempre torcerem pelo meu sucesso e me apoiarem em todos os momentos. À minha esposa Marília pelo companheirismo, compreensão e excelentes conselhos e à minha filha Ana Luiza por me motivar a ser uma pessoa melhor. Ao meu tio Tales e a minha avó materna Dona Sinhá por sempre acreditarem no meu potencial e me estimularem a seguir o caminho do estudo.

Às equipes de UTI neonatal, que no mês de setembro de 1989, salvaram minha vida e serviram de inspiração para sempre acreditar na Ciência e na Medicina e motivação para sempre fazer por merecer o dom de estar vivo.

Ao meu orientador, Professor José Huygens Parente Garcia, e aos professores participantes das bancas de qualificação e defesa pelo tempo disponibilizado e pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos alunos da Faculdade de Medicina que participaram voluntariamente da pesquisa, em particular Caio Akira, Roberto Ary, Zilfran e Lucas Macedo, alunos da iniciação científica, pelo apoio em todas as etapas da pesquisa.

Aos professores e técnicos do departamento de anatomia, agradeço imensamente pela contribuição valiosa durante o desenvolvimento e validação do atlas virtual, especialmente pela disponibilização e preparo das peças anatômicas dissecadas. Um agradecimento especial ao Professor Erivan Façanha, que foi uma fonte de inspiração durante meus anos de estudante, me proporcionou a oportunidade de me tornar professor de anatomia e me ofereceu inúmeras dicas e orientações durante a minha pesquisa de doutorado.

E ao cadáver desconhecido que, através da sua dádiva final, nos permitiu explorar os mistérios do corpo humano. Sua contribuição silenciosa é uma peça fundamental na educação médica e na evolução da ciência, proporcionando um aprendizado que transcende o conhecimento teórico, tocando a essência da prática médica com uma perspectiva única de humanidade e respeito pela vida. Que seu gesto de generosidade seja eternamente lembrado e honrado em cada passo da minha jornada profissional.

ORAÇÃO AO CADÁVER DESCONHECIDO

Ao curvar-te com a lâmina rija de teu bisturi sobre o cadáver desconhecido, lembra-te de que este corpo nasceu do amor de duas almas; cresceu embalado pela fé e esperança daquela que, em seu seio, o agasalhou, sorriu e sonhou os mesmos sonhos das crianças e dos jovens; por certo amou e foi amado e sentiu saudades dos outros que partiram, acalentou um amanhã feliz e agora jaz na fria lousa, sem que, por ele, se tivesse derramado uma lágrima sequer, sem que tivesse uma só prece. Seu nome só Deus o sabe, mas o destino inexorável deu-lhe o poder e a grandeza de servir a humanidade que por ele passou indiferente.

Karel Rabistansky, 1976

"Inovação é ver o que todos viram e pensar o que ninguém pensou."
Albert Szent-Györgyi

RESUMO

INTRODUÇÃO: A escassez de peças anatômicas é um problema crescente na educação médica, limitando o acesso dos estudantes a recursos essenciais para o aprendizado prático da anatomia. A fotogrametria, tecnologia que permite criar modelos digitais 3D a partir de fotografias de um objeto, já foi aplicada em estudos de anatomia. No entanto, até o momento, não foi desenvolvido um atlas ou aplicativo que contenha peças anatômicas reais escaneadas em 3D. **OBJETIVOS:** Desenvolver e validar um atlas virtual de anatomia online 3D e gratuito, composto por peças anatômicas de cadáveres escaneadas em 3D através de fotogrametria, como uma ferramenta educacional inovadora e acessível para o ensino de anatomia. **METODOLOGIA:** A metodologia empregada envolve o desenvolvimento de um atlas virtual, a padronização da fotogrametria para digitalizar peças anatômicas e um estudo de validação com estudantes de Medicina para testar a eficácia do atlas virtual como ferramenta educacional. Foram adotados critérios para o desenvolvimento, incluindo usabilidade, segurança, bioética e um modelo colaborativo. Para a validação, foi realizado um estudo grupo controle comparando 2 grupos de estudantes de Medicina, um grupo controle e o grupo experimento, que teve acesso antecipado ao atlas virtual durante a disciplina do sistema cardiorrespiratório. As notas da prova de anatomia dos dois grupos foram comparadas. **RESULTADOS:** O atlas virtual foi desenvolvido e a fotogrametria, utilizando aplicativos de celular, foi padronizada, sendo criados 27 modelos digitais a partir de peças anatômicas. Um total de 168 estudantes participaram do estudo de validação. Os resultados revelaram que o atlas virtual, através de seu acervo digital de peças anatômicas, proporcionou uma melhoria significativa no engajamento e desempenho dos estudantes em comparação com os métodos tradicionais. O grupo experimento apresentou um desempenho superior na prova prática de anatomia, com uma média de $8,4 \pm 1,4$ comparada a $7,9 \pm 1,5$ do grupo controle, e um valor p de 0,027. **CONCLUSÃO:** O atlas virtual foi desenvolvido e validado com êxito, demonstrando ser uma ferramenta educacional inovadora e acessível que aprimora o ensino de anatomia através de recursos digitais tridimensionais.

Palavras-chave: Anatomia, Atlas, Fotogrametria, Ensino.

ABSTRACT

INTRODUCTION: The scarcity of anatomical specimens is a growing issue in medical education, limiting students' access to essential resources for practical anatomy learning. Photogrammetry, a technology that creates 3D digital models from photographs of objects, has been used in anatomical studies. However, to date, no atlas or application that includes real 3D scanned anatomical specimens has been developed. **OBJECTIVES:** To develop and validate an online 3D virtual anatomy atlas platform, free of charge and comprised of 3D scanned anatomical specimens from cadavers, as an innovative and accessible educational tool for teaching anatomy. **METHODOLOGY:** The methodology involved developing a virtual atlas, standardizing photogrammetry for digitizing anatomical pieces, and conducting a validation study with medical students to test the effectiveness of the virtual atlas as an educational tool. Rigorous criteria were applied in development, including usability, security, bioethics, and a collaborative model. A randomized controlled trial was conducted to compare a control group with an experimental group that had early access to the platform during the cardiorespiratory system discipline. The anatomy exam scores of both groups were compared. **RESULTS:** The virtual atlas was developed, and photogrammetry using smartphone apps was standardized, resulting in the creation of 27 digital models from anatomical pieces. A total of 168 students participated in the validation study. The results revealed that the virtual atlas, through its digital repository of anatomical pieces, significantly enhanced student engagement and performance compared to traditional methods. The experimental group showed superior performance in the practical anatomy exam, with an average score of 8.4 ± 1.4 compared to 7.9 ± 1.5 for the control group, with a p-value of 0.027. **CONCLUSION:** The virtual atlas was successfully developed and validated, proving to be an innovative and accessible educational tool that enhances the teaching of anatomy through three-dimensional digital resources.

Keywords: Anatomy, Atlas, Photogrammetry, Education.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Comparando modelos digitais - A - Aplicativo Anatomy Learning / B - Obtida por fotogrametria	19
Figura 2	Fluxograma do desenho do estudo	28
Figura 3	Prova prática de anatomia	30
Figura 4	Dados coletados no presente estudo	30
Figura 5	Tela inicial	35
Figura 6	Visualizador de peça anatômica	35
Figura 7	Adicionar termo anatômico	36
Figura 8	Explorar visões de outros usuários	37
Figura 9	Função Quiz	37
Figura 10	Padronização da fotogrametria	38
Figura 11	Peças escaneadas	39
Figura 12	Etapas da fotogrametria	40
Figura 13	Peças escaneadas - sistema respiratório	40
Figura 14	Peças escaneadas - sistema circulatório	41
Figura 15	Aplicativos	49
Figura 16	Corações em diferentes métodos de conservação	55

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Data do primeiro acesso à plataforma	45
Gráfico 2	Tempo total de uso da plataforma por data de acesso	45
Gráfico 3	Métodos de estudo da anatomia	47
Gráfico 4	Sobre recursos para estudo em casa	48
Gráfico 5	Sobre acesso ao estudo em cadáver	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Características demográficas dos participantes da pesquisa	42
Tabela 2	Comparando as notas das provas entre os 2 grupos	43
Tabela 3	Métricas de acesso extraídas do banco de dados da plataforma	44
Tabela 4	Dados sobre frequência e tempo de estudo da anatomia	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D	Bidimensional
3D	Tridimensional
RV	Realidade virtual
IA	Inteligência artificial

LISTA DE SÍMBOLOS

>	Maior que
<	Menor que
%	Porcentagem

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	4
ORAÇÃO AO CADÁVER DESCONHECIDO.....	4
RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE GRÁFICOS.....	10
LISTA DE TABELAS.....	11
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	12
LISTA DE SÍMBOLOS.....	13
BACKGROUND.....	16
1 INTRODUÇÃO.....	17
1.1 Ensino da anatomia.....	17
1.2 Atlas de Anatomia.....	17
1.3 Avanços Tecnológicos no Ensino da Anatomia.....	18
1.4 Fotogrametria.....	18
1.5 Atlas virtual utilizando fotogrametria.....	20
1.5.1 Características desejáveis para o desenvolvimento do atlas virtual.....	20
2 OBJETIVOS.....	22
2.1 Objetivo geral.....	22
2.2 Objetivos específicos.....	22
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
3.1 Desenvolvimento do atlas virtual de anatomia.....	23
3.1.1 Seleção da Tecnologia.....	23
3.1.2 Usabilidade e Testes.....	24
3.1.3 Conformidade Legal e Proteção de Dados.....	25
3.2 Padronização da fotogrametria.....	25
3.2.1 Fotogrametria e Anatomia.....	25
3.2.2 Seleção do Dispositivo de Captura.....	25
3.2.3 Avaliação e Seleção de Aplicativos de Fotogrametria.....	26
3.2.4 Documentação de Melhores Práticas.....	26
3.2.5 Controle de Qualidade e Upload na Plataforma.....	27
3.3 Validação do atlas virtual.....	27
3.3.1 Considerações éticas.....	27
3.3.2 Desenho do estudo.....	27
3.3.3 População em estudo.....	28
- Critérios de inclusão.....	28
- Critérios de exclusão.....	28
3.3.4 Seleção da amostra.....	28
- Recrutamento.....	28
- Cálculo do tamanho da amostra.....	28

	15
- Randomização.....	29
- Disciplina de Anatomia Escolhida.....	29
- Prova prática de anatomia.....	29
3.3.5 Coleta de dados.....	30
- Início da pesquisa.....	30
- Formulário de Inscrição.....	31
- Acesso à plataforma.....	31
- Controle de acesso.....	31
- Métricas de acesso.....	32
- Avaliação subjetiva da plataforma.....	32
3.3.4 Análise Estatística.....	32
4 RESULTADOS.....	34
4.1 Desenvolvimento da plataforma.....	34
4.1.1 Estrutura básica do sistema.....	34
4.1.2 Funcionalidades.....	36
4.2 Fotogrametria.....	38
4.2.1 Melhores práticas.....	38
4.2.2 Processo de captura das imagens.....	39
4.2.3 Modelos digitais criados.....	40
4.3 Pesquisa de validação.....	41
4.3.1 Dados demográficos.....	41
4.3.2 Validação objetiva do atlas virtual.....	42
4.3.3 Validação subjetiva.....	43
4.3.4 Padrão de uso.....	44
4.3.5 Estudo da Anatomia.....	46
5 DISCUSSÃO.....	48
6 CONCLUSÃO.....	56
7 REFERÊNCIAS.....	57
APÊNDICE A - PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA.....	60
APÊNDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	61
APÊNDICE C - FORMULÁRIO DE INSCRIÇÃO.....	62
APÊNDICE D - QUESTIONÁRIO FINAL.....	67
APÊNDICE E - BOAS PRÁTICAS PARA FOTOGRAMETRIA EM ANATOMIA.....	68

BACKGROUND

Nos últimos 6 anos como professor de Anatomia na Unichristus, deparei-me com um problema que impacta diretamente o ensino desta ciência: a escassez de cadáveres disponibilizados para estudo, que tem piorado de forma alarmante. Motivado por esta necessidade, decidi dedicar meu projeto de doutorado ao desenvolvimento de uma solução, explorando tecnologias que pudessem oferecer alternativas viáveis e eficazes ao estudo tradicional.

Minhas primeiras tentativas de resolver este problema envolveram a criação de modelos anatômicos utilizando impressão 3D, inspirado na pesquisa de doutorado do professor Erivan Façanha. No entanto, enfrentei dificuldades significativas: a produção dos modelos era complexa e os resultados frequentemente careciam de fidelidade anatômica. A busca por maior precisão me levou à fotogrametria em janeiro de 2022. Apesar de promissora, essa abordagem inicial revelou-se desafiadora devido à necessidade de equipamentos caros e softwares de difícil manuseio, que além de caros, eram pesados e propensos a erros de processamento.

Persistindo na busca por uma solução eficaz, explorei o uso de um aplicativo de realidade virtual que disponibilizava um pequeno acervo de peças anatômicas digitalizadas. A experiência conduziu a um estudo randomizado controlado que comparou o uso da realidade virtual com aulas práticas convencionais. Dado que a receptividade dos estudantes à realidade virtual não foi tão positiva quanto esperado, isso me motivou a buscar outras maneiras de utilizar a fotogrametria para apresentar peças anatômicas de maneira mais eficiente e aceitável para os alunos.

Em março de 2023, comecei a testar o aplicativo Reality Scan, uma ferramenta que finalmente atendeu às minhas expectativas de qualidade e acessibilidade. Com ele, foi possível criar modelos digitais tridimensionais com a precisão necessária para fins educacionais. Isso me inspirou a desenvolver um atlas de anatomia online que pudesse hospedar e compartilhar essas peças anatômicas escaneadas 3D. Esse projeto não apenas visa superar a escassez de materiais anatômicos, mas também democratizar o acesso ao conhecimento anatômico, garantindo que estudantes de todo o mundo possam estudar Anatomia com recursos de alta qualidade e precisão de forma gratuita.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Ensino da anatomia

O ensino da anatomia humana é um pilar essencial na formação de profissionais da saúde, estabelecendo a fundação sobre a qual se constroem conhecimentos em disciplinas como Semiologia, Radiologia e Cirurgia. A complexidade das estruturas anatômicas e suas relações espaciais representam um desafio significativo para os estudantes, exigindo uma compreensão tridimensional que nem sempre é fácil de assimilar (NARNAWARE; NEUMEIER, 2021; ZHAO et al., 2020)

Tradicionalmente o estudo da anatomia tem se apoiado no uso de cadáveres, enfrentando obstáculos como a escassez de doações, custos elevados de manutenção e questões éticas e legais que limitam sua acessibilidade (YUEN, 2020). Apesar de ser considerado o padrão-ouro para este campo de estudo (CHAMBERS; EMLYN-JONES, 2009) , a dependência de cadáveres tem sido questionada, levando muitas instituições a buscar alternativas envolvendo o uso de tecnologia (MCMENAMIN et al., 2014; SUGAND; ABRAHAMS; KHURANA, 2010).

1.2 Atlas de Anatomia

Os atlas anatômicos surgiram como recursos pedagógicos valiosos, atuando não apenas como substitutos temporários mas como complementos aos estudos práticos, preenchendo as lacunas deixadas pelas limitações do uso de corpos reais. Desde as primeiras ilustrações anatômicas do mundo islâmico no século XIV até as inovações da Renascença italiana, a representação do corpo humano tem evoluído significativamente. Personalidades notáveis como Leonardo da Vinci e Andreas Vesalius marcaram época com seus estudos e ilustrações detalhadas, revolucionando a compreensão anatômica e desafiando as práticas educacionais de suas épocas (NETTER; FRIEDLAENDER, 2014; SINGER, 1943).

A obra de William Hunter e a publicação seminal de Henry Gray introduziram novas dimensões ao estudo anatômico, combinando precisão científica com arte (KOJIMA et al., 2021; NETTER; FRIEDLAENDER, 2014). Esses avanços pavimentaram o caminho para os atlas anatômicos modernos, como os de Frank H. Netter, cujas ilustrações detalhadas continuam a ser uma referência essencial para estudantes e profissionais da saúde até hoje.

1.3 Avanços Tecnológicos no Ensino da Anatomia

Com o avanço da era digital, o ensino da anatomia experimentou uma transformação significativa, impulsionada pela introdução de tecnologias inovadoras. A evolução computacional desempenhou um papel crucial nessa mudança, especialmente com o desenvolvimento de representações tridimensionais (3D) que oferecem uma compreensão mais profunda e intuitiva das complexas relações espaciais do corpo humano (ZHANG et al., 2021).

A transição das tradicionais ilustrações bidimensionais (2D) para modelos 3D marcou um ponto de virada no estudo da anatomia. Essas representações 3D criadas por designer gráficos, permitem aos estudantes visualizar estruturas anatômicas de todos os ângulos, facilitando uma compreensão holística das formas, tamanhos e relações espaciais entre diferentes componentes do corpo humano (BÜCKING et al., 2017). Esta evolução visual não apenas melhora a visibilidade das estruturas anatômicas, mas também supera as limitações dos métodos de ensino convencionais, proporcionando uma experiência de aprendizado mais dinâmica e interativa (MORO et al., 2017).

A introdução de aplicativos educacionais especializados em anatomia representa uma nova geração dos atlas anatômicos, agora digitais e utilizando representações 3D. Disponíveis em dispositivos móveis e computadores, esses aplicativos modernos oferecem modelos anatômicos interativos que os usuários podem manipular, dissecar virtualmente e explorar em detalhes. Essa inovação transforma os atlas de Anatomia de referências estáticas em ferramentas interativas de aprendizado, permitindo uma imersão sem precedentes no estudo das estruturas corporais. A descentralização do estudo da anatomia, possibilitada por esses aplicativos, permite que os estudantes acessem recursos educacionais de alta qualidade a qualquer momento e lugar, rompendo as barreiras físicas dos laboratórios de Anatomia tradicionais e promovendo uma aprendizagem autodirigida e personalizada (KURNIAWAN et al., 2018).

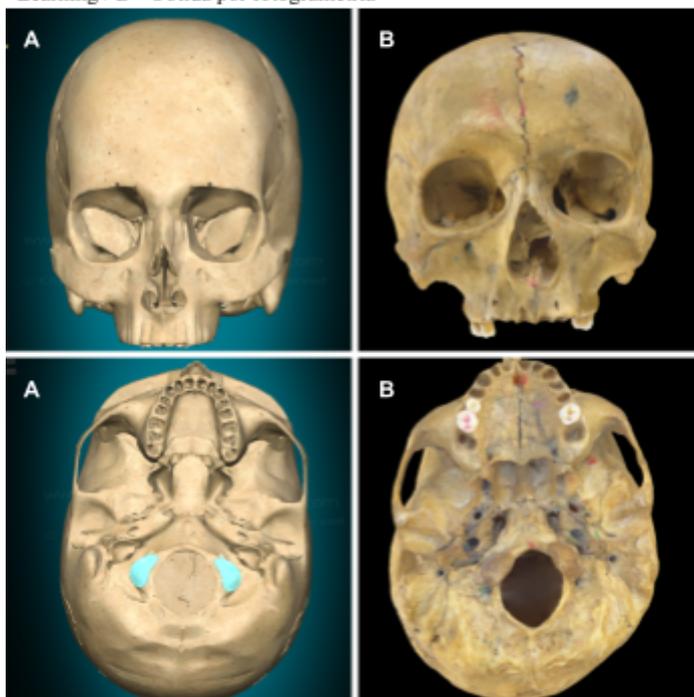
1.4 Fotogrametria

Apesar dos avanços significativos proporcionados pelos modelos 3D no ensino da anatomia, uma limitação persiste: a representação ainda não é completamente realista. Os modelos digitais, por mais detalhados que sejam, não capturam inteiramente a complexidade e a variação individual encontradas em corpos reais. É aqui que a fotogrametria emerge como uma solução inovadora, superando essa barreira ao trazer uma fidelidade sem precedentes ao estudo da anatomia (SHINTAKU et al., 2019).

A fotogrametria é uma tecnologia que avançou significativamente nos últimos anos, permitindo a criação de modelos digitais altamente precisos a partir de fotografias de objetos reais. Essa técnica envolve capturar uma série de imagens de alta resolução ao redor de um objeto e processar essas imagens em softwares especializados para gerar modelos 3D detalhados (Figura 1). Esses modelos não apenas replicam as estruturas com precisão milimétrica, mas também preservam as cores, texturas e nuances únicas de cada objeto (GURSES et al., 2021).

A principal vantagem da fotogrametria sobre os métodos tradicionais de modelagem 3D reside na sua capacidade de capturar a realidade com uma autenticidade incomparável. Enquanto os modelos 3D convencionais podem exigir simplificações ou interpretações artísticas, os modelos gerados por fotogrametria são fieis às peças anatômicas originais, oferecendo uma representação verdadeira da complexidade do corpo humano. Isso não apenas melhora a qualidade do material de estudo disponível para estudantes e profissionais da saúde, mas também facilita uma compreensão mais profunda das variações anatômicas naturais (Figura 1).

Figura 1: Comparando modelos digitais - A - Aplicativo Anatomy Learning / B - Obtida por fotogrametria



Fonte: A - Aplicativo Anatomy Learning / B - Próprio autor

A fotogrametria tem desempenhado um papel cada vez mais relevante na Anatomia, com estudos recentes destacando sua aplicabilidade e eficácia (GITTO et al., 2020; WESENCRAFT; CLANCY, 2019). Tradicionalmente, a sua implementação dependia de

câmeras profissionais e equipamentos de alto custo, como evidenciado por Titmus e colaboradores et al., 2023, que desenvolveram uma padronização para a criação de modelos cadavéricos 3D foto-realistas utilizando equipamentos que totalizam 10.000 dólares. A fotogrametria avançou bastante com o advento do Metaverso em 2021. O Metaverso, um universo virtual compartilhado e interativo, onde as pessoas podem interagir em ambientes tridimensionais imersivos, aumentou a demanda por criação de objetos tridimensionais para a realidade virtual. Isso estimulou o surgimento de aplicativos para dispositivos móveis capazes de realizar fotogrametria sem a necessidade de equipamentos de alto custo ou uso de softwares de computador complexos, tornando a fotogrametria mais acessível e prática. (“Fotogrametria: como a Epic Games pode revolucionar a indústria 3D em 2022 – PixelNerd”, [s.d.]).

1.5 Atlas virtual utilizando fotogrametria

Com a crescente escassez de peças anatômicas cadavéricas e os avanços na tecnologia de fotogrametria, surge uma oportunidade significativa de transformar o ensino da anatomia. A implementação de um atlas virtual que incorpora peças anatômicas reais, obtidas através de fotogrametria, facilita uma exploração detalhada e interativa da anatomia humana. Este método oferece uma representação precisa das variações anatômicas individuais, melhorando significativamente o recurso educacional disponível.

Para se adequar aos diferentes cenários em que a Anatomia é ensinada, o atlas virtual precisa ser desenvolvido seguindo uma série de princípios que o tornem amplamente utilizado e eficaz na mitigação do problema da escassez de peças anatômicas. Este esforço visa transformar um recurso historicamente escasso em um bem abundante e acessível, democratizando o acesso ao estudo detalhado da Anatomia.

1.5.1 Características desejáveis para o desenvolvimento do atlas virtual

Custo e Sustentabilidade Financeira: A viabilidade financeira do projeto é uma preocupação primária. É essencial escolher tecnologias que equilibrem alto desempenho com baixos custos operacionais, considerando a necessidade de gerenciar um acervo digital em expansão e o acesso contínuo de um número crescente de usuários.

Facilidade de Uso: Para garantir que o atlas seja acessível a estudantes e professores de diversos níveis de habilidade técnica, a plataforma deve ser projetada para ser intuitiva e

fácil de navegar, promovendo uma experiência educacional fluida e livre de barreiras técnicas.

Multiplataforma: Para atender às diversas necessidades das universidades, especialmente as públicas, que muitas vezes enfrentam limitações de recursos, o atlas virtual deve ser projetado para ser acessível em uma ampla variedade de dispositivos. Isso inclui computadores, tablets, smartphones, lousas digitais e até óculos de realidade virtual. Essa abordagem garante que estudantes e professores possam utilizar o atlas nas salas de aula e em estudos individuais, aproveitando a infraestrutura já existente sem a necessidade de adquirir equipamentos didáticos de alto custo.

Segurança e Bioética: A segurança dos dados e o uso ético das imagens são de extrema importância, dada a sensibilidade do conteúdo. Medidas rigorosas de autenticação de usuários, proteção contra download dos arquivos e termos de uso detalhados devem ser implementados para assegurar o respeito pela dignidade das representações anatômicas e garantir a integridade dos dados.

Colaboração: A plataforma deve ser concebida como um ambiente colaborativo, onde universidades possam contribuir com o acervo e os usuários possam enriquecer os modelos com anotações educativas. Este ambiente colaborativo é vital para a expansão e aprimoramento contínuos do conteúdo educacional, promovendo uma comunidade ativa de aprendizado.

Suporte da Comunidade de Programadores: A seleção de tecnologias gratuitas, escaláveis e, sempre que possível, de código aberto é estratégica, visando alinhar os objetivos de sustentabilidade financeira do projeto com a capacidade de expansão e inovação.

Este projeto busca desenvolver e validar a eficácia de um atlas virtual que exibe modelos anatômicos digitais realistas obtidos através de fotogrametria como uma ferramenta educacional avançada e acessível, proporcionando um recurso inestimável para o ensino de anatomia. Essas considerações moldaram o desenvolvimento do atlas virtual, que visa não apenas melhorar o acesso ao ensino detalhado de anatomia, mas também estabelecer um novo padrão em recursos educacionais interativos e realistas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

- Desenvolver e validar um atlas virtual 3D de anatomia, composto por modelos reais obtidos através de fotogrametria, como uma ferramenta educacional inovadora e acessível para o ensino dessa disciplina.

2.2 Objetivos específicos

- Planejar e desenvolver toda a infraestrutura web para garantir que o atlas virtual possa ser gratuito, fácil de usar e disponível multiplataforma.
- Estabelecer uma padronização para a digitalização 3D de peças anatômicas utilizando fotogrametria.
- Criar modelos digitais de peças anatômicas reais a partir de fotogrametria e adicioná-los ao atlas.
- Avaliar o impacto do uso do atlas virtual nas notas e no engajamento dos estudantes com essa forma de estudo.
- Analisar os métodos de estudo dos alunos e as métricas de uso do atlas virtual para entender comportamentos e padrões de aprendizado em anatomia.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para alcançar os objetivos propostos neste estudo, adotou-se uma metodologia estruturada em três etapas principais: o desenvolvimento do atlas virtual, a padronização da técnica de fotogrametria para a digitalização de peças anatômicas, e um estudo de validação realizado com estudantes de Medicina para avaliar a eficácia da plataforma como ferramenta educacional.

3.1 Desenvolvimento do atlas virtual de anatomia

3.1.1 Seleção da Tecnologia

Para criar o atlas capaz de receber modelos 3D de alta qualidade, várias tecnologias foram cuidadosamente selecionadas para atender aos objetivos quanto aos custos, acessibilidade, colaboração, facilidade de uso, segurança e respeito aos princípios de bioética.

Linguagem de desenvolvimento - React.js: React.js é uma biblioteca JavaScript de código aberto desenvolvida pelo Facebook, voltada para a criação de interfaces de usuário em aplicações web. É valorizado pela sua eficiência e capacidade de criar componentes reutilizáveis, facilitando o desenvolvimento e a manutenção de aplicações complexas. Escolhido pela sua robustez e flexibilidade, o React.js é ideal para desenvolver uma plataforma interativa e fácil de usar. Ele oferece uma experiência de usuário fluida e responsiva, essencial para aplicações que precisam funcionar tanto em computadores como no celular. Sua popularidade garante um grande número de desenvolvedores disponíveis, assegurando suporte contínuo e atualizações constantes para a plataforma.

Motor gráfico 3D - Babylon.js: O Babylon.js é um poderoso e versátil motor gráfico 3D de código aberto, amplamente utilizado para criar experiências gráficas interativas na web. É conhecida por sua capacidade de renderizar cenas 3D complexas com alta fidelidade e eficiência, sendo uma escolha popular entre desenvolvedores de jogos para celular. Foi escolhido por suas avançadas capacidades de renderização 3D, que são fundamentais para apresentar modelos anatômicos detalhados e precisos. Sua eficiência e desempenho garantem uma visualização de qualidade dos modelos 3D, tanto em computadores quanto em dispositivos móveis.

Servidor – Firebase: Firebase é uma plataforma de desenvolvimento de aplicações móveis e web da Google e foi escolhido para ser o servidor devido à sua robusta infraestrutura e facilidade de integração. Oferece uma série de funcionalidades essenciais

para o desenvolvimento rápido e eficiente, incluindo hospedagem, autenticação de usuários, banco de dados em tempo real, analytics e mais. Sua escalabilidade automática é crucial para lidar com um volume crescente de dados e usuários, garantindo que o atlas possa se expandir sem comprometer o desempenho ou a experiência do usuário. Além disso, o modelo de precificação do Firebase é baseado no uso, com uma camada gratuita até certo ponto, o que contribui para manter a sustentabilidade financeira da plataforma. A segurança é outro ponto forte do Firebase, oferecendo ferramentas integradas para proteger dados e garantir a privacidade dos usuários, um aspecto crucial em respeito aos princípios de bioética. Por fim, a integração fácil com outras ferramentas e serviços, como React.js e Babylon.js, facilita a colaboração entre diferentes aspectos do desenvolvimento e mantém a coesão técnica do projeto.

Ferramentas de Inteligência Artificial (IA) - ChatGPT e GitHub Copilot: Em um projeto com uma equipe mínima, consistindo de apenas dois desenvolvedores, a implementação de ferramentas de inteligência artificial como ChatGPT e GitHub Copilot foi fundamental para otimizar o processo de desenvolvimento. O ChatGPT, com sua capacidade de compreensão e geração de linguagem natural, foi utilizado para esclarecer dúvidas, gerar ideias de código e oferecer soluções para problemas de programação de forma interativa e eficiente. Já o GitHub Copilot, um assistente de programação baseado em IA, atuou diretamente na geração de código e na sugestão de soluções de programação, agilizando o processo de codificação. Essas ferramentas permitiram que a equipe focasse em aspectos mais criativos e estratégicos do desenvolvimento, enquanto lidavam com a complexidade técnica de maneira mais eficiente.

Cada uma dessas tecnologias foi selecionada para assegurar que a plataforma não só atenda às necessidades atuais dos usuários, mas também seja capaz de se adaptar e expandir para futuras melhorias. O resultado é uma plataforma educacional de anatomia que abriga um acervo crescente de modelos digitais 3D de alta qualidade, mantendo-se gratuita, colaborativa, fácil de usar e segura.

3.1.2 Usabilidade e Testes

A usabilidade foi um foco constante durante o desenvolvimento do atlas. Testes contínuos com usuários finais, professores de Anatomia e estudantes, garantiram que a interface atendesse às necessidades, e ajustes foram feitos para melhorar a experiência do usuário. Esta abordagem de desenvolvimento assegurou que não só atendesse aos requisitos

educacionais, mas também fosse sustentável e adaptável a longo prazo, considerando as restrições financeiras e técnicas das instituições de ensino brasileiras.

3.1.3 Conformidade Legal e Proteção de Dados

Para assegurar a integridade legal e a proteção de dados na plataforma de ensino de anatomia, um advogado especializado foi consultado para estruturar um acordo de colaboração entre o projeto e a universidade fornecedora das imagens anatômicas. Este acordo delinea claramente os direitos de uso, respeitando as leis de propriedade intelectual e garantindo conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD). Adicionalmente, foram desenvolvidos termos de uso e políticas de privacidade, que estabelecem um compromisso com a segurança dos dados dos usuários participantes da pesquisa e asseguram práticas transparentes e éticas na gestão da plataforma.

3.2 Padronização da fotogrametria

3.2.1 Fotogrametria e Anatomia

A aplicação da fotogrametria na Anatomia foi explorada com o objetivo de estabelecer um processo eficiente e de alta qualidade para a digitalização de peças anatômicas. Este processo buscou harmonizar a precisão necessária para a representação anatômica com a acessibilidade dos recursos e tecnologias disponíveis.

3.2.2 Seleção do Dispositivo de Captura

Na captura de imagens para a fotogrametria, optou-se pelo uso de smartphones, dada a sua presença disseminada, portabilidade e qualidade de câmera. Esta escolha reflete a consideração de que smartphones são universalmente acessíveis e podem ser levados facilmente a qualquer laboratório de anatomia, permitindo a captura de imagens detalhadas de peças anatômicas em diversos ambientes. As câmeras dos smartphones modernos possuem capacidade suficiente para registrar detalhes complexos necessários para a criação de modelos anatômicos digitais 3D precisos, fazendo desses dispositivos uma opção econômica e eficiente para o projeto. Foram utilizados *smartphones* e *tablets* pessoais dos pesquisadores, incluindo iPhones 13, 14 e 15 Pro Max e Samsung S20 FE, para avaliar a qualidade do modelo de acordo com o programa e câmera do dispositivo.

3.2.3 Avaliação e Seleção de Aplicativos de Fotogrametria

Uma busca detalhada foi realizada para selecionar aplicativos gratuitos de fotogrametria que atendessem a critérios de usabilidade, compatibilidade e que possuíssem recomendações positivas. Foram escolhidos o RealityScan, da Epic Games International, disponível tanto na AppStore quanto na Playstore, e o Ar Code, exclusivo para dispositivos iOS equipados com o sensor LiDAR (Iphones Pro e Pro Max). Esses aplicativos foram submetidos a testes rigorosos para assegurar que as imagens 3D geradas atendessem a padrões de qualidade e precisão. Cada sessão de teste documentou a fidelidade anatômica e a usabilidade no contexto educacional.

Estes aplicativos destacam-se por serem auto explicativos, guiando os usuários durante o processo de captura com instruções claras, sinalizando quando é necessário aproximar ou afastar o dispositivo da peça anatômica e indicando áreas que requerem imagens adicionais para uma modelagem 3D completa.

3.2.4 Documentação de Melhores Práticas

A metodologia para a fotogrametria foi desenvolvida através de testes rigorosos, ajustando as condições de iluminação, posicionamento da peça anatômica e configurações dos aplicativos selecionados para otimizar a qualidade das imagens 3D. Cada teste foi extensivamente documentado, com especial atenção para a fidelidade anatômica e a viabilidade do uso em ambientes educacionais. As variáveis consideradas incluíram a iluminação adequada, o posicionamento estratégico das peças, a quantidade de imagens necessárias, a técnica de conservação empregada e as características físicas das peças anatômicas. Este processo culminou na criação de uma lista de melhores práticas para a fotogrametria em Anatomia utilizando poucos recursos, assegurando a consistência e a qualidade dos modelos anatômicos gerados.

A captura de imagens foi realizada de múltiplos ângulos, assegurando uma reconstrução tridimensional completa e considerando as necessidades específicas de cada tipo de peça, seja plastinada ou conservada em glicerina.

A seleção das peças anatômicas para a digitalização alinhou-se com os objetivos pedagógicos da disciplina na qual o estudo de validação seria aplicado, dando prioridade às estruturas presentes nos objetivos de ensino. Cada peça selecionada foi preparada conforme os procedimentos das melhores práticas de fotogrametria, incluindo a secagem adequada e o posicionamento contra um fundo neutro para minimizar reflexos e outros artefatos visuais.

3.2.5 Controle de Qualidade e Upload na Plataforma

Após a criação dos modelos 3D através da fotogrametria, um processo rigoroso de controle de qualidade foi implementado antes de disponibilizá-los no atlas. Este processo envolveu duas etapas principais de avaliação:

- **Análise Técnica:** Cada modelo digital foi cuidadosamente examinado por um designer 3D para assegurar a qualidade técnica. Foi dada especial atenção à precisão dos modelos, bem como à identificação e correção de quaisquer imperfeições digitais, como distorções ou falhas na renderização.
- **Avaliação Anatômica:** Dois professores de anatomia experientes analisaram cada modelo para verificar a precisão e fidelidade anatômica, um passo crucial para garantir que os modelos 3D representassem de maneira precisa e educacionalmente relevante as estruturas anatômicas humanas.

Somente após passar por estas avaliações e serem aprovados em ambos os critérios os modelos eram carregados na plataforma.

3.3 Validação do atlas virtual

Após o desenvolvimento da plataforma e a criação de um acervo significativo de peças anatômicas 3D, foi realizado um estudo randomizado controlado para avaliar sua eficácia no estudo da anatomia, bem como para medir o nível de engajamento e a satisfação dos estudantes com esta nova ferramenta de aprendizado.

3.3.1 Considerações éticas

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética do Centro Universitário Christus - Unichristus sob o nº de protocolo 6.479.597 (Apêndice A). O trabalho foi executado segundo os princípios e normas que regulamentam a pesquisa em seres humanos, do Conselho Nacional de Saúde – Ministério da Saúde, Resolução nº 466/2012.

3.3.2 Desenho do estudo

Trata-se de um estudo grupo controle que comparou um grupo de estudantes de Medicina que teve acesso ao atlas virtual para estudo individual com um grupo controle durante a disciplina de Anatomia do sistema respiratório e cardiovascular. Os parâmetros avaliados incluíram as notas obtidas nas provas práticas, o tempo de engajamento com a plataforma e as respostas a questionários de usabilidade. (Figura 2).

Figura 2 - Desenho do estudo



Fonte: Próprio autor

3.3.3 População em estudo

- Critérios de inclusão

Estudantes do primeiro semestre de Medicina da Unichristus, universidade na qual o pesquisador principal leciona Anatomia e pôde acompanhar de perto o estudo de validação.

- Critérios de exclusão

Estudantes que perderam alguma das provas práticas de Anatomia do primeiro semestre.

3.3.4 Seleção da amostra

- Recrutamento

Alunos do primeiro semestre de Medicina da Unichristus foram convidados a participar da pesquisa no primeiro dia da disciplina.

- Cálculo do tamanho da amostra

O cálculo do tamanho da amostra foi realizado utilizando como parâmetros o nível de alfa 0,05, poder de detecção de 90% e assumindo uma pontuação média de 70% com desvio padrão de 10% no grupo controle. Para esse estudo seria necessário um mínimo de 43 participantes por grupo para detectar uma diferença de 10% entre os grupos nas pontuações da prova. ("Sample Size Calculator", [s.d.]

- **Randomização**

As duas turmas do primeiro semestre de Medicina, cada uma com 100 alunos, foram inicialmente formadas por um processo de randomização estratificada baseado na classificação do vestibular, separando os estudantes com classificações pares e ímpares. Para determinar qual turma teria acesso exclusivo ao atlas virtual (grupo experimento) e qual seguiria o currículo tradicional sem acesso ao aplicativo (grupo controle), realizou-se um sorteio adicional. Esta estratégia específica foi adotada com o objetivo de minimizar o risco de compartilhamento de senhas e acesso entre os grupos. Ao designar uma turma inteira para cada condição do estudo, aproveitou-se a prévia randomização estratificada no vestibular para manter a integridade do desenho do estudo, ao mesmo tempo que se buscava reduzir as chances de interferência entre os grupos.

- **Disciplina de Anatomia Escolhida**

O período analisado compreendeu as 5 semanas dedicadas ao sistema cardio-respiratório, que inclui 6 aulas teóricas e 4 aulas práticas no laboratório de Anatomia, além de aulas de outras ciências básicas como Histologia, Embriologia e Fisiologia relacionadas ao tema. Essa disciplina foi escolhida por ser a última do primeiro semestre do curso de Medicina da Unichristus, antes dela os alunos passaram pela disciplina de sistema locomotor, portanto já possuíam experiência com o modelo das aulas, criaram uma rotina pessoal de estudos e sabiam como funcionavam as provas práticas.

O laboratório onde foi realizado o estudo dispõe de peças anatômicas de excelente qualidade, tanto glicerizadas quanto plastinadas, em quantidade adequada para o número de alunos. No entanto, o acesso às peças cadavéricas se dá exclusivamente durante as aulas práticas ou em sessões semanais com monitores.

- **Prova prática de anatomia**

Ao final da disciplina todos os alunos foram submetidos a uma mesma prova prática, que consiste em 20 questões no estilo gincana, onde uma estrutura anatômica é apontada por questão e os alunos devem nomeá-la (Figura 3). Importante destacar que o banco de dados inicial de peças anatômicas escaneadas 3D foi compilado unicamente a partir das mesmas peças utilizadas nas aulas práticas, assegurando que o conteúdo digital refletisse diretamente o material didático físico ao qual os estudantes tinham acesso.

Figura 3: A - Prova prática de anatomia / B - Exemplo de questão da prova



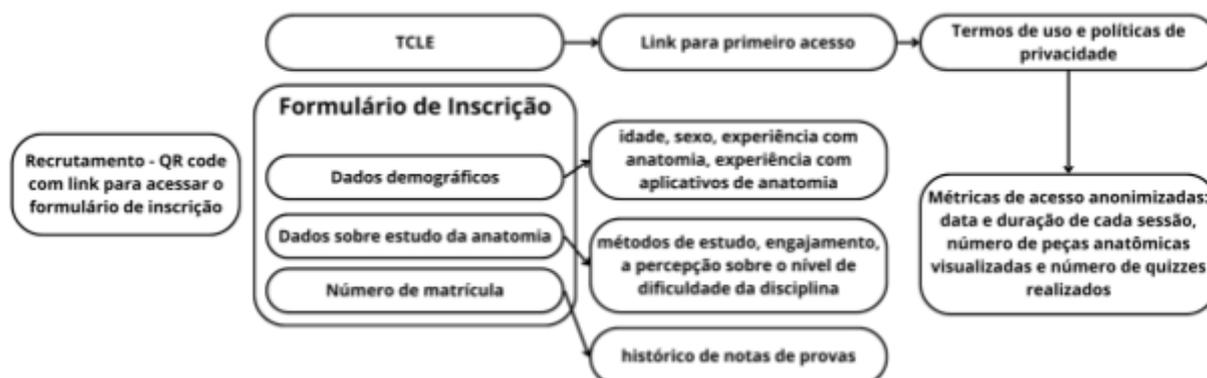
Fonte: Próprio autor

3.3.5 Coleta de dados

- Início da pesquisa

A pesquisa teve início na disciplina de Sistema Respiratório e Cardiovascular, realizada ao final do semestre letivo após terem passado pela disciplina de Sistema Locomotor. Ao acessar o link da pesquisa recebido por *QR CODE*, os estudantes responderam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice B), e o Formulário de Inscrição (Apêndice C), contendo perguntas epidemiológicas e questões sobre sua experiência até o momento com a disciplina de Anatomia (Figura 4).

Figura 4: Dados coletados no presente estudo



Fonte: Próprio autor

Para o grupo experimento foi enviado por e-mail as credenciais de acesso e o *link* para acessar a plataforma após confirmação de assinatura do TCLE. Ao acessar a ferramenta pela primeira vez, o estudante concordava com os termos de uso e políticas de privacidade. Ao término da disciplina, as notas da prova prática de Anatomia de ambas as turmas eram coletadas e utilizadas para comparação entre o grupo experimento e o grupo controle.

- **Formulário de Inscrição**

Após responder o TCLE, os participantes responderam perguntas quanto aos seguintes tópicos:

- **Dados demográficos:** Com objetivo de segmentação da amostra, como: idade, sexo, experiência com anatomia, experiência com aplicativos de anatomia.
- **Experiência com a disciplina Anatomia:** Métodos de estudo adotados e a percepção sobre o nível de dificuldade durante o aprendizado.
- **Notas das provas práticas de Anatomia:** Ao fornecer o número de matrícula, foi possível resgatar as notas obtidas nas provas práticas de Anatomia foram coletadas ao término do semestre letivo, incluindo o histórico das notas anteriores à pesquisa para um contexto mais amplo da análise.

- **Acesso à plataforma**

Além da anonimização dos dados dos estudantes durante a pesquisa, a proteção da privacidade foi uma prioridade integrada ao desenvolvimento e funcionamento do atlas virtual. A tecnologia utilizada incluiu medidas de segurança avançadas para proteger as informações dos usuários, tais como encriptação de dados e protocolos de segurança robustos. Isso assegura que a privacidade dos dados coletados seja mantida em conformidade com as normas éticas e legais relevantes.

Para quantificar o tempo de engajamento dos estudantes com a plataforma, o servidor foi configurado para registrar automaticamente a data, a duração de cada acesso, quais peças anatômicas foram acessadas pelos usuários e o tempo gasto em cada sessão na plataforma.

- **Controle de acesso**

Durante o período da pesquisa, medidas rigorosas de controle de acesso foram implementadas: apenas os estudantes do grupo experimento e o pesquisador principal tinham permissão de acesso à plataforma. Todas as solicitações de novos registros foram

cuidadosamente filtradas para assegurar que somente os participantes elegíveis do grupo experimental pudessem utilizar a plataforma, mantendo a integridade da metodologia do estudo.

Para reforçar a segurança e minimizar riscos de compartilhamento indevido de credenciais, principalmente entre os grupos da pesquisa, a plataforma adotou um sistema de autenticação via conta Google, incluindo identificação automática de comportamentos atípicos e a verificação de que apenas um dispositivo por usuário esteja conectado à plataforma em qualquer momento.

- **Métricas de acesso**

Métricas de acesso foram coletadas para entender o padrão de uso dos estudantes. Isso incluiu data e duração de cada sessão, número de peças anatômicas visualizadas e número de *quizzes* realizados.

- **Avaliação subjetiva da plataforma**

Após a conclusão da disciplina, os estudantes do grupo experimento foram convidados a participar de uma avaliação subjetiva do atlas virtual (Apêndice D). Esta avaliação foi realizada por meio de um questionário detalhado, elaborado para capturar as impressões e experiências dos alunos em relação ao uso do aplicativo no contexto do seu estudo de anatomia. As perguntas abordaram diversos aspectos da interação com a plataforma, incluindo a usabilidade, a eficácia do material didático em 3D, a contribuição para o entendimento de conceitos anatômicos e o impacto geral na motivação e no aprendizado dos alunos.

3.3.4 Análise Estatística

Os dados coletados foram armazenados de forma segura e organizados em uma planilha utilizando o Google Sheets. Em seguida, todos os dados foram anonimizados para garantir a privacidade dos participantes e então analisados utilizando o software JASP versão 0.18.3. A normalidade da distribuição dos dados foi verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov.

Para variáveis com distribuição normal, os dados foram descritos como média \pm desvio padrão (DP). Para parâmetros com distribuição não-normal, foram expressos como mediana (intervalo interquartil). Variáveis qualitativas ou nominais foram apresentadas como

contagem absoluta e frequência relativa, em porcentagem. A comparação dessas variáveis será realizada pelo teste do qui-quadrado.

Em relação à comparação entre os grupos, foram aplicados os testes t de Student ou Mann-Whitney para comparação entre dois grupos. Os resultados obtidos serão considerados estatisticamente significativos para valores de $p < 0,05$.

4 RESULTADOS

4.1 Desenvolvimento da plataforma

O desenvolvimento da infraestrutura web do atlas virtual foi um processo intensivo que durou sete meses, envolvendo a contratação de dois desenvolvedores e contribuições diretas do pesquisador principal, que se dedicou ao aprendizado de programação e participou ativamente na escrita do código. Esse esforço conjunto resultou em uma plataforma robusta, composta por aproximadamente 15 mil linhas de código, pronta para receber as primeiras peças anatômicas 3D e acolher os primeiros usuários.

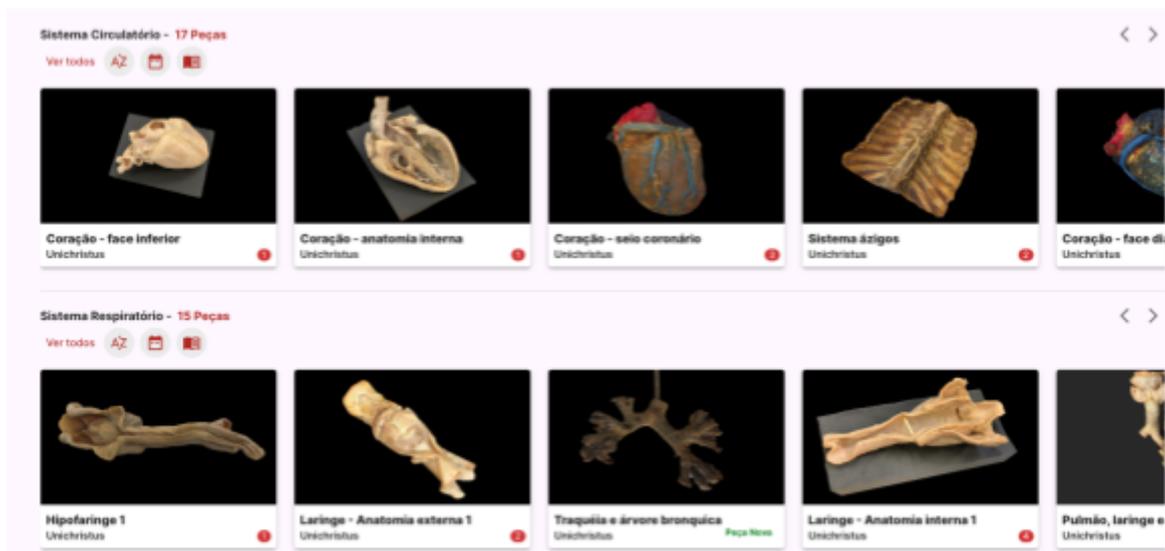
4.1.1 Estrutura básica do sistema

A simplicidade e intuitividade foram elementos-chave no design da versão inicial, visando uma experiência do usuário descomplicada e direta. Com um número limitado de telas, a plataforma foi projetada para facilitar o acesso rápido e eficiente ao conteúdo educacional. Cada tela foi desenhada com o objetivo de tornar o aprendizado da anatomia acessível, intuitivo e envolvente, suportado por uma plataforma tecnológica robusta e uma interface de usuário amigável. As telas principais incluem:

Tela de Login: A porta de entrada para o atlas virtual, a tela de login, é descomplicada e direta, permitindo que os usuários acessem a plataforma usando sua conta Google. Isso não só simplifica o processo de login, eliminando a necessidade de criar e lembrar de uma nova senha, mas também proporciona uma camada adicional de segurança e confiabilidade, utilizando as credenciais do Google para autenticação.

Tela Inicial: Após o login, os usuários são recebidos por uma interface limpa e organizada, que apresenta o acervo de peças anatômicas dividido por sistemas do corpo humano (Figura 5). Cada sistema é destacado junto ao número de peças disponíveis, com visualizações em miniatura para uma identificação rápida. As ferramentas de busca e filtros estão prontamente acessíveis, permitindo aos usuários encontrar rapidamente a peça desejada ou explorar o acervo disponível.

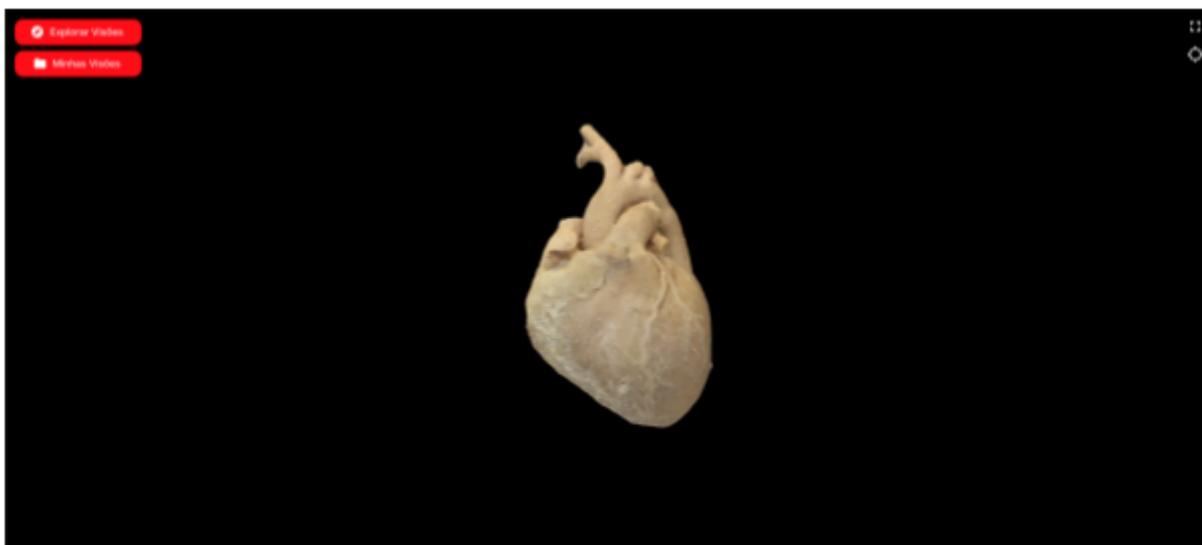
Figura 5: Tela inicial



Fonte: Próprio autor

Visualizador de Peça Anatômica: Usuários podem explorar modelos anatômicos detalhados em 3D com facilidade, rotacionando e aproximando as peças para um exame minucioso (Figura 6). A interface do visualizador é intencionalmente minimalista, mantendo o foco no modelo anatômico, enquanto ferramentas interativas como marcadores e anotações podem ser utilizadas para um aprendizado mais aprofundado.

Figura 6: Visualizador de peça anatômica



Fonte: Próprio autor

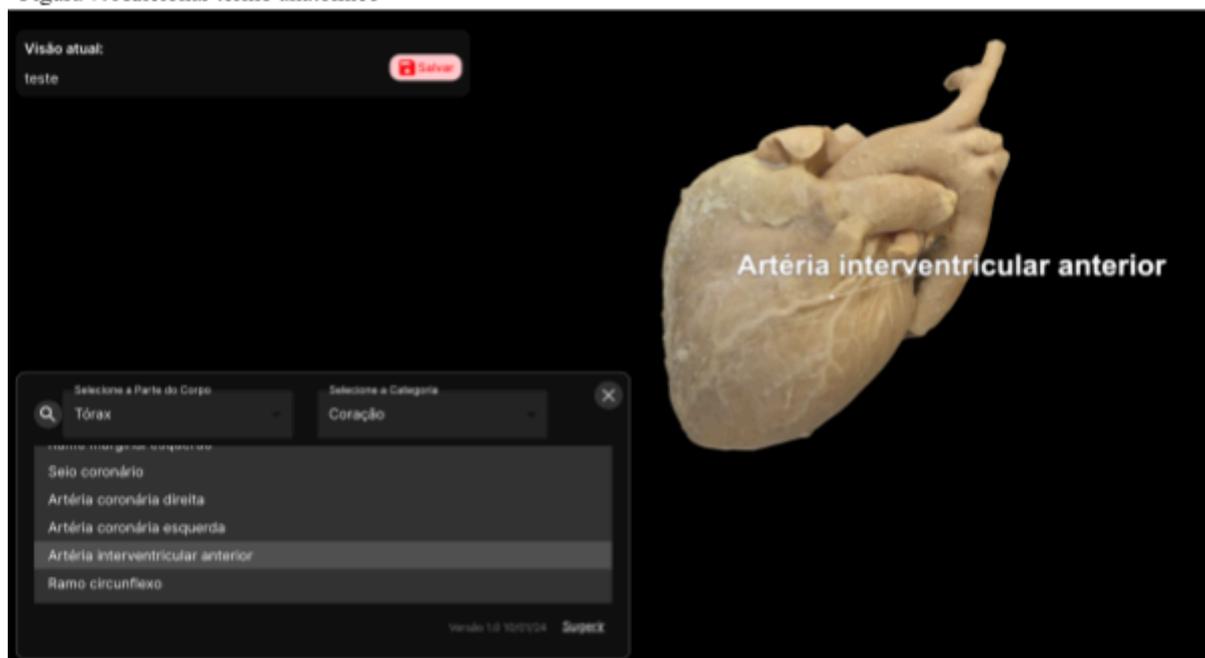
4.1.2 Funcionalidades

O visualizador de peças anatômicas é uma ferramenta interativa e avançada que oferece múltiplas funcionalidades para enriquecer o processo de aprendizado em anatomia. As principais funcionalidades incluem:

Interação com Modelos 3D: Os usuários podem manipular modelos anatômicos em 3D com ações intuitivas de rotação, *zoom* e “arrastar”.

Criação de Visões Anatômicas Personalizadas: A plataforma possibilita que os usuários criem suas próprias visões anatômicas, o que envolve selecionar estruturas nos modelos 3D e adicionar termos anatômicos de uma lista predefinida (Figura 7).

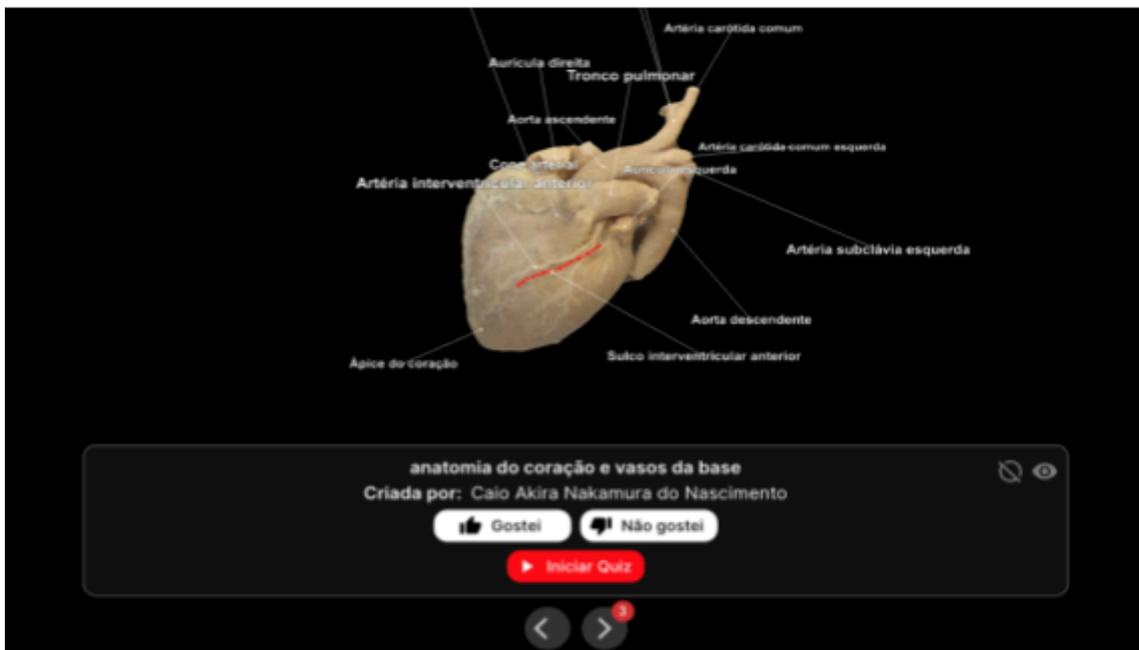
Figura 7: Adicionar termo anatômico



Fonte: Próprio autor

Anotações: Os estudantes têm a capacidade de adicionar anotações detalhadas, desenhar linhas e inserir alfinetes nos modelos 3D para marcar áreas de interesse. Estas anotações enriquecem a visão anatômica personalizada, criando uma versão única do objeto que pode ser salva para referência futura. As anotações podem ser mantidas em modo privado ou tornadas públicas para que outros usuários as visualizem.

Figura 8: Explorar visões de outros usuários



Fonte: Próprio autor

Exploração de Visões de Outros Usuários: O atlas virtual fomenta a colaboração e o compartilhamento de conhecimento ao permitir que os usuários explorem visões anatômicas criadas por outros (Figura 8), desde que o criador da visão a torne pública. Cada peça anatômica pode ter múltiplas visões associadas, enriquecendo o conteúdo disponível e oferecendo perspectivas diversas sobre a mesma estrutura ou região anatômica.

Figura 9: Função Quiz - A- Configuração / B - Quiz - nome da estrutura



Fonte: Próprio autor

Testes Interativos: Para testar o conhecimento adquirido, o aplicativo dispõe de *quizzes* interativos associados às visões anatômicas (Figura 9). Os usuários podem desafiar-se a identificar estruturas em um modelo 3D ou a nomear partes anatômicas indicadas na visão de

um colega. Esses *quizzes* são personalizáveis, permitindo ajustes de tempo e quantidade de questões, o que adiciona uma dimensão competitiva e lúdica ao aprendizado.

4.2 Fotogrametria

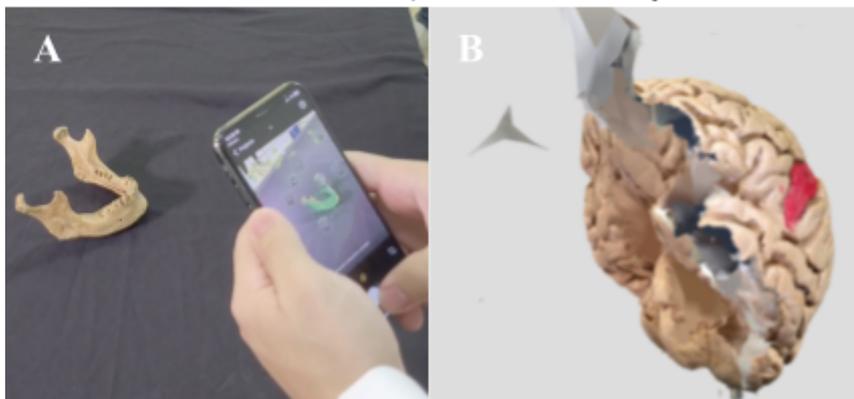
Os testes culminaram na elaboração de uma lista de boas práticas para realizar fotogrametria, resumidas no Apêndice E.

4.2.1 Melhores práticas

A iluminação ambiente do laboratório de Anatomia provou ser suficiente, descartando a necessidade de fontes de luz adicionais que poderiam causar reflexos prejudiciais, especialmente em superfícies úmidas. Peças conservadas em glicerina ou formol necessitam de um processo de secagem para eliminar reflexos, enquanto que peças plastinadas não requerem tratamentos extras.

Para evitar reflexos indesejados causados pelas bancadas metálicas do anfiteatro, um tecido, de preferência preto, deve ser utilizado como fundo. Este arranjo simples mas eficaz reduz significativamente as imperfeições nas capturas.(Figura 10)

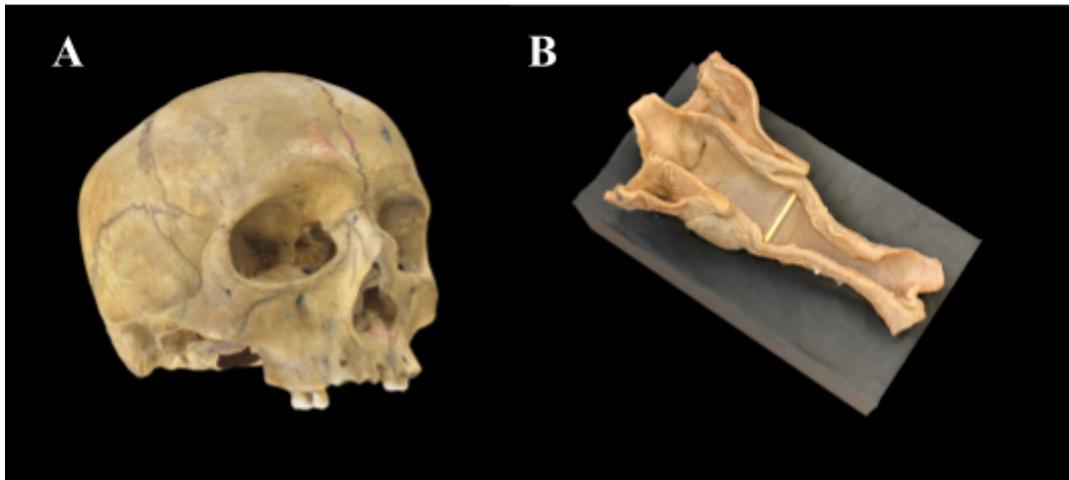
Figura 10: Padronização da fotogrametria: A - Peça anatômica sendo escaneada / B - Artefato de reconstrução devido brilho de superfície metálica



Fonte: Próprio autor

A captura completa em 360 graus não era viável para todas as peças anatômicas, pois virá-las de cabeça para baixo poderia deformar sua estrutura e afetar a qualidade da reconstrução tridimensional. As peças plastinadas e peças ósseas, mais firmes, permitem uma digitalização integral. Em contrapartida, as peças glicerinas foram escaneadas em duas ou mais orientações, como anterior e posterior) para capturar com precisão todos os detalhes anatômicos necessários. (Figura 11).

Figura 11: Peças escaneadas: A - Peça escaneada 360° / B - Peça escaneada incluindo fundo preto



Fonte: Próprio autor

Segmentar peças anatomicamente complexas e volumosas em seções menores provou ser uma estratégia eficaz, melhorando a clareza e o detalhamento dos modelos 3D. Por exemplo, digitalizar separadamente a cavidade torácica em vez do corpo inteiro resultou em modelos mais definidos.

Os aplicativos de fotogrametria utilizados se mostraram autoexplicativos, fornecendo orientação em tempo real sobre a adequação da captura e eliminando a necessidade de um controle manual da quantidade de imagens, pois o próprio aplicativo fornece a informação se a captura está adequada ou não. Peças maiores e mais detalhadas exigiram um maior número de fotos para garantir a precisão.

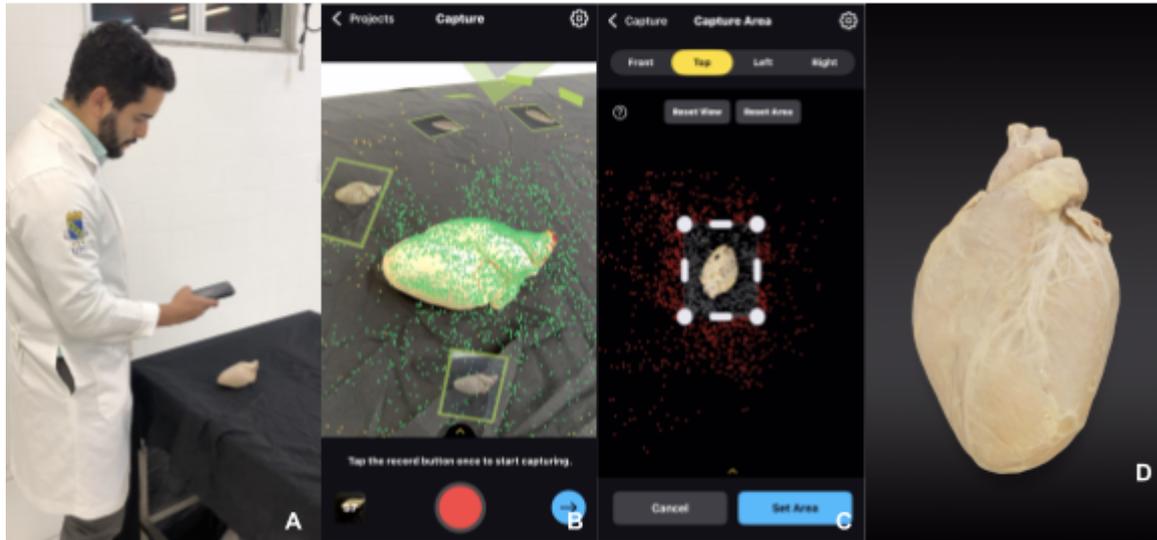
A qualidade da dissecação das peças foi um fator crucial, enfatizando que a habilidade na preparação anatômica é essencial e complementa a capacidade da tecnologia de captura de imagem. A excelência neste preparo é um pré-requisito para a precisão dos modelos digitais, ressaltando a sinergia entre a arte da dissecação e a inovação tecnológica.

4.2.2 Processo de captura das imagens

A captura das imagens para a fotogrametria começa com a peça anatômica adequadamente posicionada na bancada (Figura 12). Ao ativar o aplicativo e iniciar o modo de captura, instruções detalhadas guiam o usuário por todo o processo. Conforme a câmera é direcionada à peça, o aplicativo sugere ajustes – como "afaste-se", "aproxime-se" ou "necessário mais luz" – e mostra direcionais para onde movimentar a câmera, assim como

áreas que precisam de imagens adicionais. Após a captura abrangente em vários ângulos, o aplicativo processa as fotos, criando em cerca de 5 minutos um modelo 3D no formato .gltf, pronto para ser exportado e adicionado ao acervo do atlas virtual.

Figura 12: Etapas da fotogrametria A - Capturando as fotos / B - Tela do aplicativo / C - Crop / D - Modelo criado

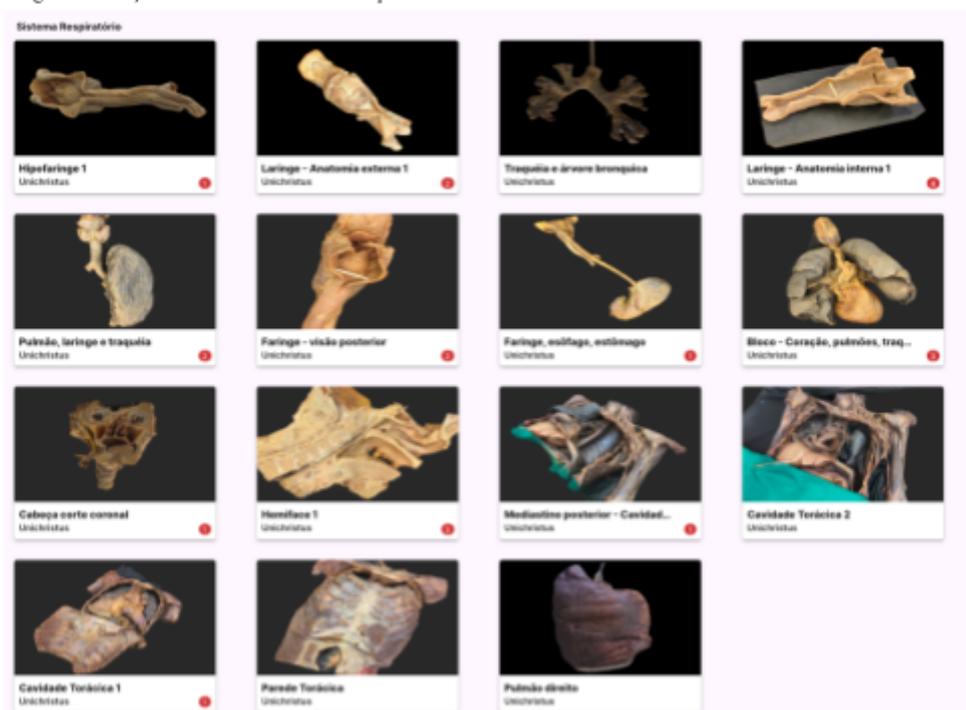


Fonte: Próprio autor

4.2.3 Modelos digitais criados

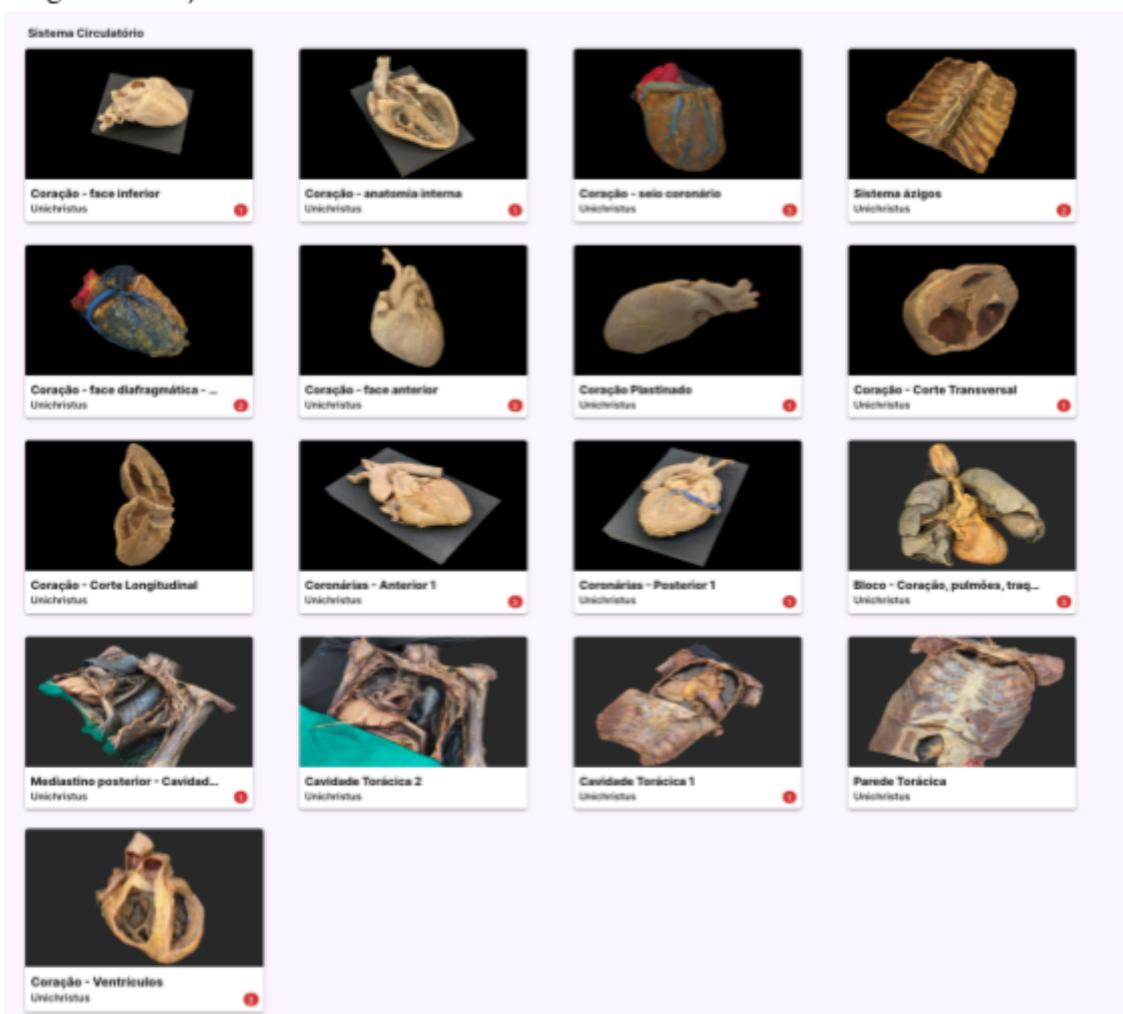
Após a padronização da fotogrametria, o foco foi direcionado para o escaneamento de peças anatômicas do sistema cardio-respiratório. Este processo resultou na criação de 27 modelos digitais anatômicos de alta definição, refletindo a precisão e a fidelidade visual necessárias para propósitos educacionais e de pesquisa (Figuras 13 e 14).

Figura 13: Peças escaneadas - Sistema respiratório



Fonte: Próprio autor

Figura 14: Peças escaneadas - Sistema circulatório



Fonte: Próprio autor

4.3 Pesquisa de validação

4.3.1 Dados demográficos

Dos 200 alunos inicialmente convidados a participar da pesquisa, 168 aceitaram o convite e responderam o Formulário de Inscrição, divididos em 79 no grupo controle e 89 no grupo experimento (Tabela 1). Não houve diferença significativamente estatística entre os 2 grupos em todas as análises demográficas. A média de idade dos participantes foi de 21,3 anos com um desvio padrão de 5 anos. Quanto ao gênero, 66,1% dos participantes eram do sexo feminino, totalizando 111 indivíduos. Em relação à familiaridade com tecnologia, 64,3% dos participantes relataram ter tido contato com aplicativos de anatomia 3D. No grupo controle, esse número foi de 68,3% (54 participantes), em comparação com 60,7% (54

participantes) no grupo experimento, sem diferenças significativas entre os grupos ($p = 0,302$).

Quando perguntados sobre o uso de aplicativos no estudo da Anatomia, 47% dos participantes afirmaram fazer uso dessa tecnologia. A percepção sobre a dificuldade da Anatomia mostrou que 12,5% dos participantes consideram a disciplina difícil ou muito difícil. Esse sentimento foi um pouco mais expresso no grupo controle, com 13,9% (11), em comparação com 11,2% (10) no grupo experimento, mas a diferença não foi estatisticamente significativa ($p = 0,161$).

Finalmente, sobre o tempo dedicado ao estudo da Anatomia, 63,6% dos participantes relataram estudar 2 horas ou mais por semana. O grupo controle apresentou 63,3% (50) e o grupo experimento 64,0% (57), o que novamente não mostrou diferença significativa ($p = 0,995$), indicando um comprometimento comparável com o estudo da disciplina.

Tabela 1 - Características demográficas dos participantes da pesquisa

	Total	Grupo controle	Grupo experimento	p*
n	168	79	89	
Idade	21,3 ± 5	21,8 ± 5,7	20,9 ± 4,3	0,696
Sexo feminino	66,1% (111)	64,6% (51)	67,4% (60)	0,821
Teve contato com aplicativo de anatomia	64,3% (108)	68,3% (54)	60,7% (54)	0,302
Usa aplicativos no estudo da anatomia	47% (79)	48,1% (38)	46,1% (41)	0,792
Considera anatomia difícil ou muito difícil	12,5% (21)	13,9% (11)	11,2% (10)	0,161
Estuda anatomia 2h ou mais por semana	63,6% (107)	63,3% (50)	64,0% (57)	0,995

* Idade = Teste de Mann-Whitney, demais variáveis = Qui-quadrado

4.3.2 Validação objetiva do atlas virtual

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos ao comparar as notas das provas entre o grupo controle e o grupo experimento ao longo do estudo. Em relação às avaliações teóricas, que incluem conhecimentos de outras ciências básicas além da Anatomia, as notas dos alunos de ambos os grupos não mostraram diferenças estatisticamente significativas. As médias foram de $6,6 \pm 1,3$ e $6,9 \pm 1,2$ para o grupo controle e experimento na primeira prova teórica, e de $7,2 \pm 1,3$ e $7,4 \pm 1,0$ na última, respectivamente.

Tabela 2 – Comparando as notas das provas entre os 2 grupos

	Grupo controle n (79)	Grupo experimento n (89)	p
Primeira prova teórica	6,6 ± 1,3	6,9 ± 1,2	0,139
Última prova teórica	7,2 ± 1,3	7,4 ± 1,0	0,719
Prova prática 1	6,5 ± 1,6	6,2 ± 1,7	0,279
Prova prática 2	7,9 ± 1,4	8,0 ± 1,4	0,684
Prova prática 3	8,0 ± 1,3	8,2 ± 1,6	0,122
Prova prática 4	5,2 ± 1,9	5,2 ± 2,0	0,613
Média das 4 provas anteriores	6,9 ± 1,2	6,8 ± 1,4	0,967
Prova prática 5 (Intervenção)	7,9 ± 1,5	8,4 ± 1,4	0,027*
Diferença Prova 5 e histórico	0,9 ± 1,4	1,5 ± 1,2	0,003*

*Resultado estatisticamente significativo – $p < 0,05$, Teste de Mann-Whitney

Durante as primeiras avaliações práticas de anatomia, as médias das notas para o grupo controle e o grupo experimento foram semelhantes nas primeiras quatro provas, com $6,9 \pm 1,2$ e $6,8 \pm 1,4$, respectivamente, não houve diferenças significativas entre os grupos antes da intervenção.

No entanto, na prova prática 5, realizada após a introdução do atlas virtual, observou-se uma diferença estatisticamente significativa nas notas dos estudantes. O grupo experimento apresentou um desempenho superior, com uma média de $8,4 \pm 1,4$ comparada a $7,9 \pm 1,5$ do grupo controle, e um valor p de 0,027. A diferença entre as notas da prova prática 5 e as médias históricas foi mais pronunciada no grupo experimento, com uma melhoria média de $1,5 \pm 1,2$, significativamente maior do que a melhoria de $0,9 \pm 1,4$ observada no grupo controle, com um valor p de 0,003.

4.3.3 Validação subjetiva

A avaliação subjetiva do atlas virtual pelos estudantes fornece uma visão abrangente do impacto percebido na aprendizagem da anatomia. Uma grande maioria dos usuários, 81,5%, avaliou a qualidade das peças anatômicas digitais como alta ou muito alta, o que sugere um alto nível de satisfação com a representação das estruturas anatômicas. Em relação à clareza do estudo da anatomia, 92,1% dos participantes sentiram que a plataforma ajudou a tornar o conteúdo mais compreensível. Além disso, 76,9% dos estudantes consideraram a plataforma superior ou muito superior comparada a outros métodos de estudo..

Quando perguntados sobre a contribuição do atlas para o aprendizado da anatomia, 92,3% dos alunos concordaram que o uso da ferramenta contribuiu significativamente. A plataforma também recebeu uma forte endosso dos estudantes em termos de recomendação,

com 95,3% afirmando que recomendariam para outros, refletindo a confiança no potencial educativo da ferramenta.

A motivação é um fator-chave para um estudo eficaz, e 84,6% dos usuários indicaram que a plataforma aumentou sua motivação para estudar anatomia. A usabilidade é um aspecto crucial para qualquer aplicativo educacional, e 55,3% dos usuários relataram que a plataforma é fácil de usar, evidenciando a acessibilidade e a interface amigável. Quanto ao desempenho do aplicativo, 67,6% classificaram como excelente ou bom, reforçando a eficácia técnica e a estabilidade da plataforma. Por fim, 59,3% dos participantes relataram que dedicaram mais ou muito mais tempo ao estudo de anatomia devido à utilização do aplicativo.

4.3.4 Padrão de uso

A análise do padrão de uso do atlas virtual revela dados sobre o engajamento dos estudantes com a ferramenta (Tabela 3). Com 27 peças anatômicas disponíveis, houve um total de 1267 visualizações das peças, indicando uma utilização ativa do recurso disponível. Além disso, foram criadas 47 visões próprias pelos alunos, o que reflete a funcionalidade interativa da plataforma em permitir que os usuários personalizem e aprofundem seu estudo.

Tabela 3 – Métricas de acesso extraídas do banco de dados da plataforma

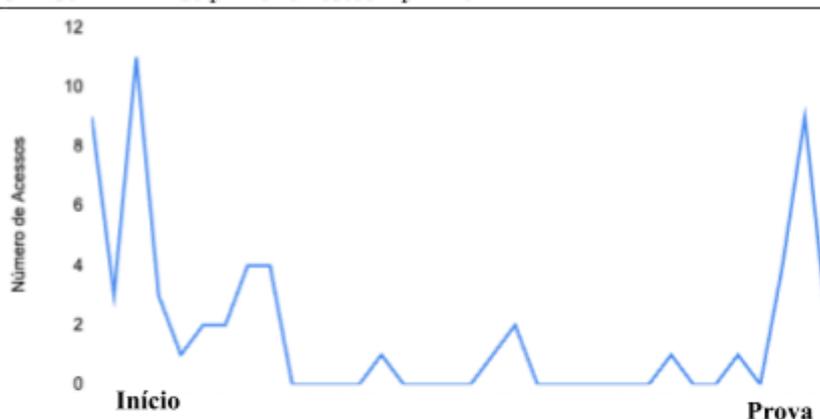
Peças anatômicas disponíveis	27
Número de visualizações de peças anatômicas	1267
Visões criadas	47
Visualização de visões de outros usuários	387
Quizzes iniciados	435
Quizzes completos	384
Questões respondidas	5186
Acessou alguma vez	67,4% (60)
Média de tempo de uso em minutos	136 (1-1052)
Média de peças anatômicas por aluno	22,2 (1-148)
Média da quantidade de quizzes realizados	8,7 (0-68)

A funcionalidade de compartilhamento também foi bem aproveitada, com 387 visualizações de visões de outros usuários, destacando o aspecto colaborativo. Os *quizzes*, que são essenciais para a autoavaliação e fixação do conteúdo, também tiveram uma adesão significativa: foram iniciados 435 *quizzes*, dos quais 384 foram completados, resultando em um total de 5186 questões respondidas.

Do total de estudantes, 67,4% acessaram a plataforma ao menos uma vez. A média de tempo de uso por aluno foi de 136 minutos, com uma variação considerável de 1 a 1052 minutos. Quanto à interação com o conteúdo, cada aluno explorou, em média, 22,2 peças anatômicas. A média de *quizzes* realizados por aluno foi de 8,7, com alguns alunos chegando a realizar até 68 *quizzes*.

O Gráfico 1 evidencia o padrão de primeiro acesso dos alunos ao atlas virtual durante o período do estudo. Nota-se que aproximadamente 41,6% dos alunos do grupo experimento exploraram a plataforma já na primeira semana de aulas, demonstrando um interesse imediato em adotar essa tecnologia em seu processo de estudo. Por outro lado, cerca de 19,1% deixaram para acessar a plataforma somente na semana da prova, e 32,6% dos alunos não utilizaram a plataforma nenhuma vez.

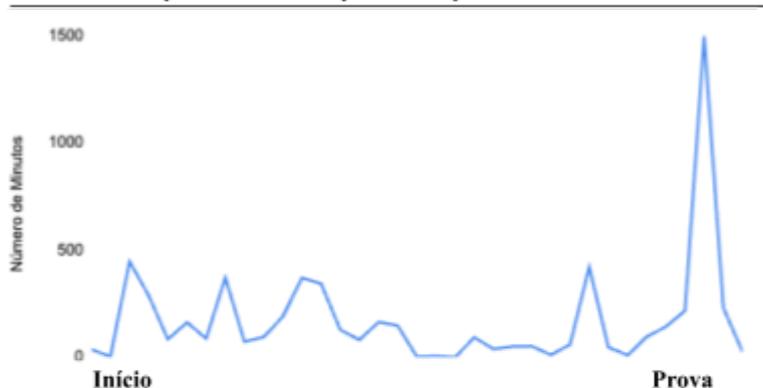
Gráfico 1 - Data do primeiro acesso à plataforma



Fonte: Próprio autor

O Gráfico 2 apresenta o tempo total de uso da plataforma por data de acesso, no qual é evidente um aumento significativo na atividade dos estudantes na véspera da prova.

Gráfico 2 - Tempo total de uso da plataforma por data de acesso



Fonte: Próprio autor

4.3.5 Estudo da Anatomia

A importância da Anatomia no currículo médico foi amplamente reconhecida pelos alunos, com quase a totalidade (99%) considerando-a extremamente importante. A disciplina é vista como de dificuldade média por 51,2% dos participantes, enquanto uma maioria significativa (77,4%) se sente motivada para estudar Anatomia. Além disso, 64% dos alunos já tiveram contato com algum aplicativo de anatomia 3D, indicando uma tendência crescente na adoção de ferramentas digitais para o estudo da matéria.

Quanto à frequência de estudo, os dados revelam que a maioria dos alunos (57,7%) se dedica ao estudo da Anatomia duas a três vezes por semana, enquanto 19,6% estudam quase todos os dias e uma pequena fração (1,2%) estuda todos os dias (Tabela 4). Apenas 8,3% dos alunos estudam raramente, geralmente apenas quando as provas se aproximam. Em relação ao tempo médio dedicado ao estudo da Anatomia, 44,6% dos alunos investem de duas a quatro horas por semana, e 19% dedicam de quatro a oito horas semanais. Uma proporção menor, 26,2%, estuda de uma a duas horas por semana, enquanto 6,5% deixam para estudar somente na véspera da prova.

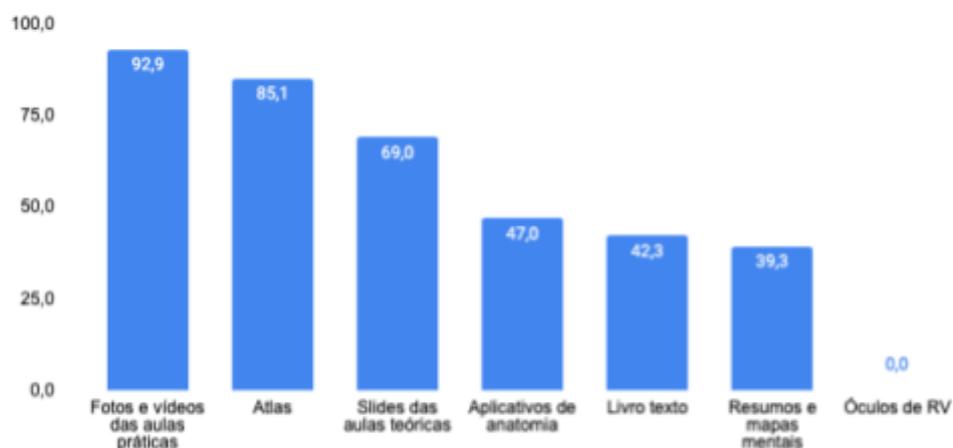
Tabela 4 – Dados sobre frequência e tempo de estudo da anatomia

	n (168)	Grupo controle n (79)	Grupo experimento n (89)
Frequência que você dedica ao estudo da anatomia			
Raramente, a menos que próximo a uma prova	8,3% (14)	6,3% (5)	10,1% (9)
Uma vez por semana	13,1% (22)	20,2% (16)	6,7% (6)
Duas a três vezes por semana	57,7% (97)	54,4% (43)	60,7% (54)
Quase todos os dias	19,6% (33)	17,7% (14)	21,3% (19)
Todos os dias	1,2% (2)	1,2% (1)	1,1% (1)
Qual é o tempo médio que você dedica ao estudo da anatomia?			
Só estudo na véspera da prova	6,5% (11)	6,3% (5)	6,7% (6)
Menos de uma hora por semana	3,6% (6)	3,8% (3)	3,4% (3)
Uma a duas horas por semana	26,2% (44)	26,5% (21)	25,8% (23)
Duas a 4 horas por semana	44,6% (75)	45,6% (36)	43,8% (39)
4 a 8 horas por semana	19% (32)	17,7% (14)	20,2% (18)

O gráfico 3 descreve os métodos de estudo da Anatomia adotados pelos alunos. Observa-se que fotos e vídeos das aulas práticas foram o recurso mais recorrido, com 92,9% dos estudantes os utilizando. Os atlas impressos, um recurso tradicional no estudo da Anatomia, também são amplamente usados por 85,1% dos alunos. Outros materiais didáticos, como slides das aulas teóricas, são utilizados por 69% dos participantes. Aplicativos de anatomia foram citados por 47% dos alunos, enquanto os livros texto são usados por 42,3%.

Resumos e mapas mentais são empregados por 39,3% dos estudantes como método de estudo.

Gráfico 3 - Métodos de estudo da anatomia



Fonte: Próprio autor

A pesquisa incluiu uma análise das dificuldades frequentemente encontradas por estudantes no aprendizado da anatomia. A afirmação "O volume de informação é muito grande e não consigo estudar toda a matéria" foi apoiada por 39,3% dos participantes de forma parcial ou total, destacando a percepção de uma carga densa de conteúdo a ser assimilada. No que diz respeito à memorização dos termos anatômicos em um curto espaço de tempo, 40,5% concordaram parcial ou totalmente com a afirmação, refletindo os desafios de retenção de uma grande quantidade de nomes específicos.

Quando questionados sobre a visualização das estruturas e suas relações espaciais em 3D, 32,2% dos alunos concordaram parcial ou totalmente que encontram dificuldades, o que sublinha a importância de recursos educacionais que auxiliem na compreensão tridimensional da anatomia.

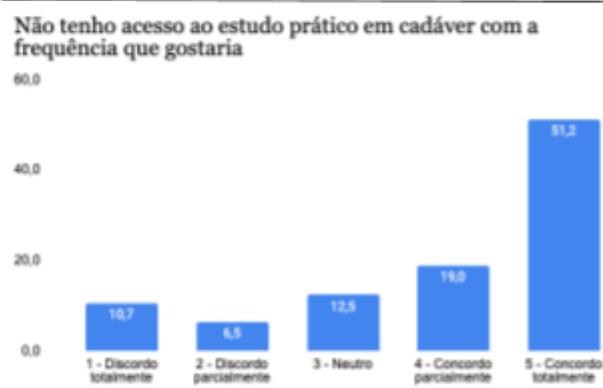
A respeito da disponibilidade de recursos educacionais para estudo em casa, 51,8% dos estudantes concordaram parcial ou totalmente que sentem falta desses materiais, indicando uma demanda por mais opções de aprendizado fora do ambiente universitário (Gráfico 4). A afirmação "Não tenho acesso ao estudo prático em cadáver com a frequência que gostaria" foi a que teve maior concordância entre os alunos, com 70,2% concordando parcial ou totalmente (Gráfico 5).

Gráfico 4 - Sobre recursos para estudo em casa



Fonte: Próprio autor

Gráfico 5 - Sobre acesso ao estudo em cadáver



Fonte: Próprio autor

5 DISCUSSÃO

O emprego de modelos anatômicos tridimensionais na educação em anatomia já facilitou historicamente a compreensão das complexas estruturas corpóreas, permitindo aos estudantes uma visão espacial e detalhada das estruturas anatômicas (KONG et al., 2016). Enquanto a técnica de fotogrametria, que converte imagens fotográficas de peças anatômicas em modelos digitais precisos, não é uma inovação recente, ela representa um avanço significativo ao enriquecer esses modelos com uma representação fidedigna e acessível das características físicas (WESENCRAFT; CLANCY, 2019). A abordagem do atlas virtual, integrando estas tecnologias em uma plataforma online interativa, marca um avanço significativo. Essa integração não apenas aprimora a acessibilidade e interatividade dos recursos educacionais em anatomia, mas também amplia as possibilidades de aprendizado imersivo e detalhado, proporcionando aos estudantes ferramentas avançadas para explorar e compreender a anatomia humana de maneira mais eficaz.

Ao buscar por atlas de Anatomia nas principais lojas de aplicativos, observa-se que as alternativas mais acessadas, todas internacionais, como *Visible Body*, *Anatomy Learning* e *Anatomy Atlas 3D*, apresentam estruturas de custo que variam consideravelmente, desde R\$89 por uma taxa única até R\$199 anuais (Figura 15). Esses custos podem representar uma barreira significativa para muitos estudantes e instituições, especialmente em contextos econômicos mais restritos. Em contraste, o atlas virtual desenvolvido neste estudo oferece uma solução mais inclusiva e economicamente acessível. Ao eliminar taxas de acesso e oferecer um recurso completo sem custos adicionais, o atlas virtual democratiza o acesso ao

estudo detalhado da anatomia, tornando-o disponível para uma base de usuários mais ampla, independentemente de suas condições financeiras. Essa abordagem não só amplia o acesso à educação de qualidade em anatomia mas também estimula um ambiente de aprendizado mais equitativo e inclusivo.

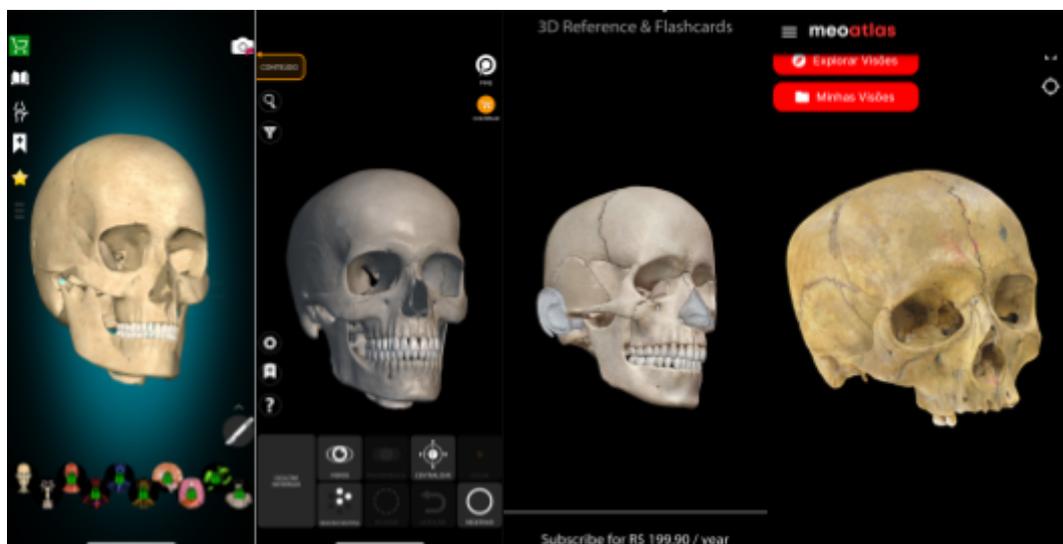


Figura 15: Aplicativos: A - Anatomy Learning / B - Anatomy Atlas 3D / C - Visible Body / D - MeoAtlas

A inovação do atlas virtual é particularmente relevante para a formação médica, que, segundo Guimarães (2017), está se adaptando a evoluções tecnológicas e pedagógicas significativas. A anatomia, fundamental no currículo médico, exige métodos que proporcionem uma visão detalhada e variada das estruturas corpóreas, além do conhecimento geral necessário para outros cursos de saúde. Enquanto modelos 3D genéricos podem ser suficientes para cursos de Enfermagem ou de Fisioterapia, a Medicina requer uma abordagem mais aprofundada. O atlas virtual, ao incorporar modelos anatômicos reais obtidos através de fotogrametria, oferece uma representação precisa e diversificada da anatomia humana, essencial para o diagnóstico e procedimentos cirúrgicos. Esta ferramenta não só atende às crescentes demandas por técnicas médicas avançadas, mas também facilita a compreensão da variabilidade anatômica, preparando estudantes para os desafios da prática médica.

Uma característica do atlas virtual é sua natureza colaborativa e escalável, permitindo que Universidades que possuem cadáveres contribuam para a expansão do acervo e que os próprios usuários incluam suas visões das peças anatômicas. Esta plataforma possibilita às instituições compartilhar suas peças anatômicas meticulosamente dissecadas, enriquecendo o conteúdo disponível com uma variedade de variações e perspectivas anatômicas. A peça anatômica, devidamente dissecada muitas vezes após vários dias de trabalho, uma vez capturada e digitalizada, pode ser admirada e estudada por um público muito mais amplo,

transcendendo as limitações físicas dos laboratórios de anatomia. Essa abordagem não só amplia o acervo disponível, mas também valoriza o trabalho minucioso dos especialistas em dissecação, transformando cada peça anatômica em um recurso educacional duradouro e acessível a um número muito maior de estudantes e profissionais.

A colaboração entre instituições estimula a participação ativa de diversas entidades no processo educacional, criando uma comunidade de compartilhamento de conhecimento em anatomia. Esse aspecto colaborativo celebra e preserva a arte da dissecação, ao mesmo tempo em que a integra às tecnologias de aprendizado digital do século XXI, expandindo os horizontes para o ensino da anatomia. De maneira semelhante, o sucesso da Wikipedia, destacando-se como um dos maiores exemplos de projetos colaborativos digitais, sublinha a importância e o impacto da cooperação e do acesso livre ao conhecimento. Através de sua abordagem inclusiva e participativa, a Wikipedia compilou uma vasta quantidade de informações, consolidando-se como um recurso mundialmente referenciado (ALIBUDBUD, 2023). Contudo, apesar de sua abordagem inclusiva e participativa, a Wikipedia enfrenta desafios significativos relacionados à autoria e autenticidade das informações. Esses desafios destacam a necessidade crítica de validação e verificação rigorosa no contexto educacional, especialmente em campos especializados como a Medicina. Assim, ao adotar um modelo colaborativo, o atlas virtual prioriza o rigor científico e a autenticidade, envolvendo contribuições validadas de professores e instituições acadêmicas reconhecidas, o que garante a precisão e a confiabilidade dos modelos anatômicos oferecidos, diferenciando-se assim de plataformas que podem carecer de validação formal em seus conteúdos.

A implementação de melhores práticas na fotogrametria foi fundamental para otimizar a qualidade dos modelos anatômicos 3D utilizados no atlas virtual. A escolha cuidadosa de variáveis como iluminação, posicionamento das peças e técnicas de conservação foi crucial para garantir modelos digitais precisos e de alta definição. A iluminação ambiente do laboratório de anatomia, por exemplo, provou ser adequada, eliminando a necessidade de luzes adicionais que poderiam criar reflexos indesejados, especialmente em peças úmidas como as conservadas em glicerina ou formol. A técnica de secar as peças antes da digitalização, segmentar peças em regiões menores e o uso de um fundo preto para evitar reflexos nas bancadas metálicas do anfiteatro são exemplos de adaptações simples que resultaram em uma captura de imagem mais clara e menos problemática. Esses ajustes metodológicos permitiram a captura de detalhes anatômicos com maior clareza, como demonstrado na criação de 27 modelos digitais do sistema cardio-respiratório.

No campo da fotogrametria aplicada ao ensino de anatomia, o presente estudo representa um avanço significativo, trazendo uma abordagem inovadora e econômica. Enquanto estudos anteriores recomendam equipamentos específicos como câmeras digitais de alta qualidade, tripés, softwares especializados e condições de iluminação controladas, o presente estudo se destaca por utilizar tecnologias acessíveis e amplamente disponíveis, como aplicativos gratuitos para smartphones. Por exemplo, Gitto e colaboradores (2020) sugeriram o uso de uma câmera digital específica, como a Nikon D5600 ou iPhone XS, e softwares especializados como Zephyr Lite e ZBrush. Iwanaga e colaboradores (2021) empregaram o aplicativo móvel Qlone e um tapete de escaneamento. Gurses e colaboradores (2021, 2023) usaram o aplicativo Qlone 3D Scanner, enquanto Titmus, Whittaker, Radunski e colaboradores (2023) descreveram um método avançado utilizando uma câmera Sony a7R IV, diversos tripés e fontes de luz, totalizando um custo de aproximadamente 10 mil dólares.

Os aplicativos selecionados, RealityScan e Ar Code, foram originalmente projetados para o universo dos *games* e Metaverso, e sua adaptação e padronização para a digitalização de peças anatômicas em 3D demonstra uma redução drástica nos custos, tornando a tecnologia mais acessível a instituições com recursos limitados. Esta abordagem também valoriza a qualidade das dissecações, permitindo que a habilidade e a precisão no preparo das peças sejam capturadas e preservadas digitalmente. A capacidade de utilizar dispositivos móveis comuns para criar modelos anatômicos detalhados representa uma democratização do acesso a recursos didáticos avançados, ampliando as possibilidades de ensino e aprendizagem em anatomia. A flexibilidade e a baixa barreira de entrada dessa tecnologia permite que mais instituições e educadores incorporem a fotogrametria em seus currículos, enriquecendo a experiência educacional com modelos tridimensionais precisos e de fácil acesso.

A combinação da fotogrametria via aplicativos de *smartphone* com uma plataforma online gratuita e escalável para hospedar os modelos anatômicos 3D tem potencial para revolucionar o ensino da anatomia. Essa inovação transforma um recurso anteriormente limitado e acessível apenas a poucas instituições em algo amplamente disponível para estudantes e educadores em todo o mundo.

Os resultados da pesquisa de validação evidenciam o impacto positivo do atlas virtual no aprendizado da anatomia. A análise demográfica confirmou que não houve diferenças significativas entre o grupo controle e o grupo experimento, garantindo que quaisquer diferenças observadas nos resultados dos testes possam ser atribuídas ao uso do atlas virtual. Importante destacar que, após a introdução do atlas, o grupo experimento mostrou um aumento significativo nas notas das avaliações práticas (média de 8,4 comparada a 7,9 no

grupo controle), sugerindo uma melhoria direta na compreensão e aplicação prática dos conhecimentos de anatomia. Além do aumento das notas, a avaliação subjetiva por parte dos estudantes também reforça a eficácia do atlas virtual. A maioria dos usuários valorizou a alta qualidade das peças anatômicas digitais e a clareza que a plataforma proporciona no estudo da anatomia. Com 92,3% dos alunos afirmando que o uso do atlas contribuiu significativamente para seu aprendizado e 95,3% recomendariam sua utilização, fica claro o alto grau de aceitação e satisfação com a ferramenta. Além disso, 84,6% dos usuários indicaram um aumento na motivação para estudar anatomia, um componente crucial para o sucesso acadêmico. A facilidade de uso da plataforma, avaliada positivamente por 55,3% dos participantes, junto com a estabilidade técnica e eficácia do aplicativo, reforça não apenas a usabilidade, mas também a eficácia pedagógica do atlas. Notavelmente, 59,3% dos participantes relataram dedicar mais tempo ao estudo de anatomia devido à utilização do aplicativo, o que sugere um envolvimento mais profundo e prolongado com o material de estudo. Esses resultados destacam como o atlas virtual não apenas melhora o desempenho acadêmico, mas também enriquece a experiência educacional geral dos estudantes, promovendo um ambiente de aprendizado mais interativo, motivador e acessível.

A integração de tecnologias ao ensino da anatomia tem demonstrado impactos positivos consistentes, conforme evidenciado por diversos estudos recentes. Por exemplo, Lim e colaboradores (2016) mostraram que o uso de modelos impressos em 3D para o estudo da anatomia cardíaca externa resultou em uma melhoria significativa nos escores de teste, comparado ao uso de materiais cadavéricos tradicionais. Similarmente, a introdução de realidade virtual (VR) e realidade aumentada (AR) no campo das ciências da saúde não só oferece uma experiência mais imersiva e envolvente, como relatado por Moro e colaboradores (2017), mas também desafia métodos tradicionais, promovendo um aprendizado igualmente eficaz. Estudos focados na prática clínica também revelam benefícios significativos. HU e colaboradores (2020) encontraram que o ensino de anatomia utilizando realidade virtual pode melhorar a competência dos alunos de Medicina em ultrassonografia, evidenciando como as simulações virtuais podem aprimorar habilidades clínicas. Da mesma forma, Lee e colaboradores (2013) demonstraram que o treinamento com realidade aumentada pode aumentar a proficiência de estudantes de medicina veterinária em técnicas de injeção intravenosa, sublinhando a utilidade dos simuladores em contextos de treinamento médico. Esses estudos corroboram a relevância de continuar explorando e integrando novas tecnologias educacionais, como o atlas virtual, no currículo médico. Tais inovações não apenas aprimoram o entendimento anatômico, mas também equipam os

estudantes com habilidades e competências essenciais para a prática médica moderna, refletindo um avanço significativo na metodologia de ensino e aprendizagem na medicina.

Outros estudos também relataram que a incorporação de elementos de “gamificação”, como a criação de sua própria visão da peça anatômica e *quizzes*, demonstra ser uma abordagem eficaz para melhorar a motivação e o desempenho dos estudantes em campos complexos como a anatomia (ANG et al., 2018; BRACACCIO; HOJAIJ; NOTARGIACOMO, 2019). A “gamificação” não apenas promove uma experiência de aprendizado mais envolvente, mas também facilita a retenção de conhecimento de longo prazo, essencial para a compreensão da anatomia médica (WUST et al., 2021). Portanto, o alto percentual de alunos que relataram a contribuição significativa do atlas virtual para o seu aprendizado e o aumento da motivação para estudar anatomia indicam o potencial da plataforma em enriquecer o processo educacional. Estes resultados são um indicativo da efetividade como ferramenta de ensino, não apenas melhorando as notas, mas também influenciando positivamente a abordagem dos alunos ao estudo da anatomia.

A análise do padrão de uso do atlas virtual revela um engajamento substancial dos estudantes com a ferramenta, destacando sua aceitação e eficácia no processo educacional. Com um total de 1267 visualizações de 27 peças anatômicas disponíveis e a criação de 47 visões personalizadas pelos alunos, a plataforma demonstra ser não apenas um recurso de consulta, mas também um meio ativo de aprendizado, permitindo uma exploração detalhada e personalizada da anatomia. O uso intensivo das funcionalidades interativas, como a visualização de visões de outros usuários, que alcançou 387 visualizações, e a realização de 435 quizzes, dos quais 384 foram completados, reflete a eficácia da plataforma em promover não apenas o aprendizado autônomo, mas também a revisão colaborativa e a autoavaliação. Este engajamento é particularmente evidente na véspera de provas, onde se observou um pico significativo de atividade, indicando que muitos estudantes recorrem ao atlas virtual como uma ferramenta essencial de preparação final. Além disso, os dados demográficos e de interação com a plataforma indicam que a maioria dos estudantes considera a anatomia uma disciplina extremamente importante, e muitos se sentem motivados a estudar mais frequentemente e com maior profundidade. Este aumento na dedicação ao estudo é corroborado pelo tempo médio de uso da plataforma, que foi de 136 minutos por aluno, com alguns estudantes alcançando até 1052 minutos, demonstrando a relevância do atlas virtual como um recurso educacional valioso e acessível.

A análise das dificuldades enfrentadas pelos alunos, como a grande quantidade de informação e a complexidade dos termos anatômicos, ressalta a necessidade de recursos que

facilitem a visualização e compreensão tridimensional da anatomia. Conforme discutido por Cheung e colaboradores (2021), os desafios na aprendizagem de anatomia incluem a diminuição do tempo em laboratórios e a falta de integração clínica, o que impede a transferência eficaz do aprendizado. Neste contexto, o atlas virtual emerge como um recurso inovador que não apenas apoia o aprendizado teórico, mas também proporciona um entendimento espacial mais intuitivo das estruturas anatômicas, algo que a aprendizagem tradicional em cadáver nem sempre pode oferecer de forma acessível. Portanto, o atlas virtual não só cumpre o objetivo de enriquecer a educação em anatomia através de tecnologia avançada, mas também se mostra como um complemento crucial ao estudo convencional, adaptando-se às necessidades e aos hábitos dos estudantes modernos de medicina.

Uma limitação importante do presente estudo é a especificidade da amostra utilizada. O estudo foi conduzido com um grupo de estudantes de uma única instituição que possui um bom laboratório de Anatomia, o que pode restringir a aplicabilidade dos resultados a outros contextos acadêmicos ou culturais, como por exemplo em instituições que não possuem laboratório de Anatomia com peças cadavéricas. Outra limitação é a ausência de medição de longo prazo. Entender como o atlas virtual impacta a retenção de conhecimento ao longo do tempo é crucial para avaliar sua eficácia sustentada. É recomendável realizar estudos futuros com grupos de estudantes mais diversos, abrangendo diferentes instituições e contextos educacionais, para validar a eficácia em uma gama mais ampla de ambientes. Pesquisas que avaliem o impacto ao longo do tempo ajudariam a entender melhor sua contribuição para a retenção de conhecimento anatômico.

Estão sendo buscadas parcerias com serviços de verificação de óbitos para escanear peças anatômicas frescas de autópsias. Este avanço é um avanço na educação em Anatomia, pois tradicionalmente o estudo é feito com peças conservadas em formol, glicerina ou plastinação, processos que alteram as características naturais do tecido. A inclusão de peças frescas oferecerá aos estudantes uma perspectiva mais realista da Anatomia humana, aproximando o aprendizado das condições reais encontradas na prática clínica e cirúrgica (Figura 16).

Figura 16: Corações em diferentes métodos de conservação - Plastinação, Glicerina, Formol, Coração fresco (boi)



Fonte: Próprio autor

Um atlas virtual tem potencial para ser utilizado em diversos cursos da área da saúde, não se limitando apenas à Medicina. Também pode ser uma ferramenta valiosa para o treinamento de residentes, oferecendo um recurso didático avançado que complementa a experiência prática. A educação de pacientes também se beneficia, já que pode ser usado para explicar condições médicas e procedimentos de maneira visual e intuitiva, melhorando a comunicação e o entendimento entre médicos e pacientes.

A incorporação da realidade virtual (RV) pode abrir novas perspectivas para o ensino de Anatomia, planejamento cirúrgico e educação de pacientes, destacando-se como uma inovação promissora na educação médica. Estudos recentes ilustram o impacto transformador da RV nesses campos. Iwanaga e colaboradores (2021) exploraram um espaço de trabalho em RV para ensinar procedimentos cirúrgicos e anatomia, proporcionando uma experiência imersiva que se destaca dos métodos tradicionais. De forma similar, Reinschluessel e colaboradores (2022) apresentaram uma ferramenta de planejamento cirúrgico em RV, que aprimora a compreensão espacial e a interação com imagens médicas tridimensionais, beneficiando cirurgiões no planejamento de procedimentos complexos, como ressecções de tumores hepáticos. Além disso, Grab e colaboradores (2023) demonstraram como a educação de pacientes por meio de modelos 3D e RV em cirurgias cardíacas pode diminuir a ansiedade pré-operatória e elevar a satisfação dos pacientes, evidenciando a eficácia da RV na preparação para intervenções cirúrgicas.

6 CONCLUSÃO

O presente estudo se destaca por introduzir inovação em uma das áreas mais tradicionais da Medicina, desenvolvendo a infraestrutura necessária para criar uma plataforma online de ensino da anatomia, padronizando um método acessível de fotogrametria e conduzindo uma pesquisa randomizada controlada que comprovou a eficácia do atlas virtual. Este avanço representa uma contribuição significativa para o ensino da anatomia, combinando tecnologia avançada com métodos educacionais tradicionais, resultando em uma ferramenta de aprendizado mais eficaz e envolvente para estudantes e profissionais da saúde.

O atlas virtual 3D de anatomia foi desenvolvido e validado com sucesso, demonstrando ser uma ferramenta educacional inovadora e acessível. Este atlas, contendo peças reais obtidas através de fotogrametria, oferece uma plataforma dinâmica para o ensino de anatomia, facilitando o acesso a recursos educacionais tridimensionais detalhados.

- A infraestrutura web necessária para o atlas virtual foi estabelecida eficazmente, garantindo que a plataforma seja gratuita, de fácil utilização e acessível em múltiplas plataformas. Esta infraestrutura atende ao objetivo de disponibilizar um recurso educacional abrangente e de fácil acesso para estudantes e professores em diferentes dispositivos.
- A digitalização 3D de peças anatômicas utilizando smartphones e aplicativos gratuitos foi padronizada com eficácia, utilizando técnicas de fotogrametria que permitiram a criação de um acervo detalhado e preciso de modelos anatômicos.
- Foram criados 27 modelos digitais de alta resolução e incorporados ao atlas virtual, cada um representando diferentes peças anatômicas reais utilizadas na disciplina de sistema cardio-respiratório.
- A análise do impacto do uso do atlas virtual nas notas e no engajamento dos estudantes revelou melhorias significativas no desempenho acadêmico, indicando que a plataforma pode efetivamente enriquecer a experiência educacional em anatomia.
- A investigação sobre os métodos de estudo dos alunos e as métricas de uso do atlas virtual ajudou a entender melhor os comportamentos e padrões de aprendizado em anatomia. Os resultados indicam uma crescente integração da tecnologia digital no aprendizado, com o atlas virtual sendo utilizado como um recurso complementar aos métodos convencionais.

7 REFERÊNCIAS

- ALIBUDBUD, R. Wikipedia page views for health research: a review. **Frontiers in Big Data**, v. 6, p. 1199060, 2023.
- ANG, E. et al. Gamifying anatomy education. **Clinical Anatomy**, v. 31, 2018.
- BRACACCIO, R.; HOJAIJ, F.; NOTARGIACOMO, P. Gamification in the study of anatomy: The use of artificial intelligence to improve learning. **The FASEB Journal**, v. 33, n. S1, p. 444.28-444.28, 2019.
- BÜCKING, T. M. et al. From medical imaging data to 3D printed anatomical models. **PLoS One**, v. 12, n. 5, p. e0178540, 2017.
- CHAMBERS, J.; EMLYN-JONES, D. Keeping dissection alive for medical students. **Anatomical Sciences Education**, v. 2, n. 6, p. 302–303, nov. 2009.
- CHEUNG, C. C.; BRIDGES, S. M.; TIPOE, G. L. Why is Anatomy Difficult to Learn? The Implications for Undergraduate Medical Curricula. **Anatomical Sciences Education**, v. 14, n. 6, p. 752–763, nov. 2021.
- Fotogrametria: como a Epic Games pode revolucionar a indústria 3D em 2022 – PixelNerd**. Disponível em: <<https://pixelnerd.com.br/fotogrametria-como-a-epic-games-pode-revolucionar-a-industria-3d-em-2022/>>. Acesso em: 7 fev. 2024.
- GITTO, L. et al. The Application of Photogrammetry in the Autopsy Room: A Basic, Practical Workflow. **Journal of Forensic Sciences**, v. 65, n. 6, p. 2146–2154, nov. 2020.
- GRAB, M. et al. New perspectives in patient education for cardiac surgery using 3D-printing and virtual reality. **Frontiers in Cardiovascular Medicine**, v. 10, 2023.
- GUIMARÃES, B. et al. Rethinking Anatomy: How to Overcome Challenges of Medical Education’s Evolution. **Acta Medica Portuguesa**, v. 30, n. 2, p. 134–140, 27 fev. 2017.
- GURSES, M. E. et al. Qlone®: A Simple Method to Create 360-Degree Photogrammetry-Based 3-Dimensional Model of Cadaveric Specimens. **Operative Neurosurgery (Hagerstown, Md.)**, v. 21, n. 6, p. E488–E493, 15 nov. 2021.
- GURSES, M. E. et al. Three-Dimensional Modeling and Extended Reality Simulations of the Cross-Sectional Anatomy of the Cerebrum, Cerebellum, and Brainstem. **Operative Neurosurgery (Hagerstown, Md.)**, v. 25, n. 1, p. 3–10, 1 jul. 2023.
- HU, K.-C. et al. Impact of virtual reality anatomy training on ultrasound competency development: A randomized controlled trial. **PLoS ONE**, v. 15, 2020.
- IWANAGA, J. et al. A new option for education during surgical procedures and related clinical anatomy in a virtual reality workspace. **Clinical Anatomy**, v. 34, n. 3, p. 496–503, 2021a.
- IWANAGA, J. et al. Easy three-dimensional scanning technology for anatomy education using a free cellphone app. **Clinical Anatomy (New York, N.Y.)**, v. 34, n. 6, p. 910–918, set. 2021b.

- KOJIMA, T. et al. A New iPhone Application for Voice Quality Assessment Based on the GRBAS Scale. **The Laryngoscope**, v. 131, n. 3, p. 580–582, mar. 2021.
- KONG, X. et al. Do Three-dimensional Visualization and Three-dimensional Printing Improve Hepatic Segment Anatomy Teaching? A Randomized Controlled Study. **Journal of Surgical Education**, v. 73, n. 2, p. 264–269, mar. 2016.
- KURNIAWAN, M. H. et al. Human Anatomy Learning Systems Using Augmented Reality on Mobile Application. **Procedia Computer Science**, v. 135, p. 80–88, 2018.
- LEE, S. et al. Augmented reality intravenous injection simulator based 3D medical imaging for veterinary medicine. **Veterinary journal**, v. 196 2, p. 197–202, 2013.
- LIM, K. H. A. et al. Use of 3D printed models in medical education: A randomized control trial comparing 3D prints versus cadaveric materials for learning external cardiac anatomy: Use of 3D Prints in Medical Education. **Anatomical Sciences Education**, v. 9, n. 3, p. 213–221, 6 maio 2016.
- MCMENAMIN, P. G. et al. The production of anatomical teaching resources using three-dimensional (3D) printing technology: 3D Printing in Anatomy Education. **Anatomical Sciences Education**, v. 7, n. 6, p. 479–486, 12 nov. 2014.
- MORO, C. et al. The effectiveness of virtual and augmented reality in health sciences and medical anatomy. **Anatomical Sciences Education**, v. 10, n. 6, p. 549–559, nov. 2017.
- NARNAWARE, Y. (RAJ); NEUMEIER, M. Use of a virtual human cadaver to improve knowledge of human anatomy in nursing students: research article. **Teaching and Learning in Nursing**, v. 16, n. 4, p. 309–314, out. 2021.
- NETTER, F. M.; FRIEDLAENDER, G. E. Frank H. Netter MD and a Brief History of Medical Illustration. **Clinical Orthopaedics and Related Research**, v. 472, n. 3, p. 812–819, mar. 2014.
- REINSCHLUESSEL, A. V. et al. Virtual Reality for Surgical Planning – Evaluation Based on Two Liver Tumor Resections. **Frontiers in Surgery**, v. 9, 2022.
- Sample Size Calculator**. Disponível em: <<https://clincalc.com/stats/samplesize.aspx>>. Acesso em: 13 abr. 2024.
- SHINTAKU, H. et al. Three-dimensional surface models of autopsied human brains constructed from multiple photographs by photogrammetry. **PloS One**, v. 14, n. 7, p. e0219619, 2019.
- SINGER, C. To Vesalius on the fourth centenary of his De Humani Corporis Fabrica. **Journal of Anatomy**, v. 77, n. Pt 4, p. 261–265, jul. 1943.
- SUGAND, K.; ABRAHAMS, P.; KHURANA, A. The anatomy of anatomy: a review for its modernization. **Anatomical Sciences Education**, v. 3, n. 2, p. 83–93, abr. 2010.
- TITMUS, M. et al. A workflow for the creation of photorealistic 3D cadaveric models using photogrammetry. **Journal of Anatomy**, v. 243, n. 2, p. 319–333, 7 abr. 2023.
- WESENCRAFT, K. M.; CLANCY, J. A. Using Photogrammetry to Create a Realistic 3D Anatomy Learning Aid with Unity Game Engine. **Advances in Experimental Medicine and**

Biology, v. 1205, p. 93–104, 2019.

WUST, A. et al. Breaking Boundaries: Effectiveness of Gamification and Student Co-Creation for Anatomy Remote Learning. **The FASEB Journal**, v. 35, n. S1, 2021.

YUEN, J. What Is the Role of 3D Printing in Undergraduate Anatomy Education? A Scoping Review of Current Literature and Recommendations. **Medical Science Educator**, v. 30, n. 3, p. 1321–1329, set. 2020.

ZHANG, N. et al. Development and application of digital assistive teaching system for anatomy. **Virtual Reality & Intelligent Hardware**, v. 3, n. 4, p. 315–335, ago. 2021.

ZHAO, J. et al. The effectiveness of virtual reality-based technology on anatomy teaching: a meta-analysis of randomized controlled studies. **BMC medical education**, v. 20, n. 1, p. 127, 25 abr. 2020.

APÊNDICE A - PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



Continuação do Parecer: 6.479.597

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Projeto de pesquisa aprovado sem pendências e/ou inadequações.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_223024_8_E2.pdf	23/10/2023 21:43:30		Aceito
Outros	autlocais.pdf	23/10/2023 21:42:31	Jônatas Catunda de Freitas	Aceito
Folha de Rosto	folharosto.pdf	23/10/2023 21:41:57	Jônatas Catunda de Freitas	Aceito
Declaração de Pesquisadores	pesquisador2.pdf	15/10/2023 12:18:37	Jônatas Catunda de Freitas	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto.pdf	15/10/2023 06:30:51	Jônatas Catunda de Freitas	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle.pdf	15/10/2023 06:30:38	Jônatas Catunda de Freitas	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

FORTALEZA, 31 de Outubro de 2023

Assinado por:
OLGA VALE OLIVEIRA MACHADO
(Coordenador(a))

Endereço: Rua João Adolfo Gurgel, nº 133, térreo, salas T11 e T12 - Prédio Central

Bairro: Cocó

CEP: 60.190-060

UF: CE

Município: FORTALEZA

Telefone: (85)3265-8187

E-mail: cep@unichristus.edu.br

APÊNDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Termo de consentimento livre esclarecido (TCLE)

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido da pesquisa de título: "**VALIDAÇÃO DO APLICATIVO - PEÇAS CADAVERÍCAS ESCANEADAS 3D, NO ENSINO DA ANATOMIA: ESTUDO RANDOMIZADO CONTROLADO**"

O intuito desta pesquisa é validar uma nova forma de estudar anatomia: uso de aplicativo com amplo acervo de peças anatômicas escaneadas 3D. O objetivo da pesquisa será alcançado por meio de um estudo randomizado controlado em que estudantes de Medicina serão divididos em 2 grupos. O grupo experimental terá acesso ao aplicativo para estudar em casa durante o período da disciplina enquanto o grupo controle não. As notas finais da prova da disciplina serão comparadas entre os 2 grupos para validar se estudar pelo aplicativo teve algum impacto.

Lembramos que a sua participação é voluntária, isto é, ela não é obrigatória, e **você tem plena autonomia e liberdade para decidir se quer ou não participar**. Você pode desistir da sua participação a qualquer momento, mesmo após ter iniciado os questionários ou as aulas e ter usado o aplicativo, sem nenhum prejuízo para você.

Não haverá nenhuma penalização caso você decida não consentir a sua participação ou desistir da mesma. Contudo, ela é muito importante para a execução da pesquisa. A qualquer momento, durante a pesquisa, ou posteriormente, você poderá solicitar do pesquisador informações sobre sua participação e/ou sobre a pesquisa, o que poderá ser feito através dos meios de contato explicitados neste Termo.

Todas as informações que você fornecer serão utilizadas somente para esta pesquisa. Suas respostas e dados pessoais ficarão em segredo e o seu nome não aparecerá em lugar nenhum dos instrumentos de coleta ou relatórios, nem quando os resultados forem apresentados. Reforça-se o total anonimato do material coletado no questionário. Todos os dados e informações que você nos fornecer serão guardados de forma sigilosa. Você poderá não responder qualquer pergunta que venha lhe causar algum incômodo ou interromper a qualquer momento sua participação no estudo.

Os benefícios esperados com a pesquisa, além de ter acesso antecipado a uma ferramenta inovadora, será validarmos essa nova forma de estudar anatomia que pode te ajudar durante o curso de Medicina. Os procedimentos utilizados na pesquisa trarão o mínimo de desconforto ou risco previsíveis para os participantes, visto que você não é obrigado a estudar pelo aplicativo. Não há qualquer relação das atividades da pesquisa com a grade curricular, muito menos prejuízo ou bônus em notas da disciplina de anatomia. Reafirma-se que os resultados obtidos na pesquisa serão tratadas com padrões profissionais de sigilo e respeito.

Caso necessite de orientação por se sentir prejudicado em decorrência da participação na pesquisa, enquanto profissional e professor, posso prestar o apoio necessário. Essa forma de assistência pode acontecer durante ou após o momento da pesquisa, caso necessite por meio do seguinte endereço eletrônico:

Por participar da pesquisa você não receberá nenhuma compensação financeira e a sua participação no estudo não acarretará custos. Se você tiver alguma dúvida a respeito da pesquisa e/ou dos métodos utilizados na mesma, pode procurar a qualquer momento o pesquisador responsável. Caso deseje, poderemos disponibilizar uma cópia deste termo de consentimento informado.

Pesquisador Responsável: Professor Jônatas Catunda de Freitas
Instituição a que pertence o Pesquisador Responsável: Centro Universitário Christus
Contato: (85) 98834-2772 / jonatascatunda@hotmail.com
Comitê de Ética Christus – Rua: João Adolfo Gurgel 133, Papicu – Cep: 60190-060 –
Fone: (85) 3265-6668

APÊNDICE C - FORMULÁRIO DE INSCRIÇÃO

Questionário - início da pesquisa

* Indica uma pergunta obrigatória

Questões epidemiológicas

Dados básicos sobre você

1. Data de Nascimento (dia e mês): *

Exemplo: 7 de janeiro

2. Data de Nascimento (ano): *

3. Sexo *

Marcar apenas uma oval.

Masculino

Feminino

Outro: _____

Questionário sobre estudo da anatomia

4. Quão importante você considera anatomia no currículo médico? *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Não Extremamente importante

5. Como foi a sua experiência até aqui com o estudo da anatomia? *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Muit Muito fácil

6. Indique qual é o seu nível de concordância com a afirmação: **Sinto-me extremamente motivado para estudar anatomia** *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Disc Concordo Totalmente

7. Qual ou quais são as maneiras que você estuda anatomia em casa? *

Marque todas que se aplicam.

- Livros texto (Moore, Gray...)
- Atlas de anatomia (Netter, Yokochi, Sobotta)
- Slides das aulas teóricas
- Fotos e vídeos capturados no laboratório
- Aplicativos ou Sites de Anatomia
- Elaboração de resumos, flashcards, desenhos ou mapas mentais
- Óculos de realidade virtual
- Outro: _____

8. Você já teve contato com algum aplicativo de anatomia 3D? *

Marcar apenas uma oval.

- Não
- Sim

9. Se a resposta da questão anterior for sim, qual o nome do aplicativo de anatomia 3D que você teve contato?

10. Qual é a frequência que você dedica ao estudo da anatomia?

Marcar apenas uma oval.

- Raramente, a menos que próximo a uma prova
- Uma vez por semana
- Duas a três vezes por semana
- Quase todos os dias
- Todos os dias

11. Qual é o tempo médio que você dedica ao estudo da anatomia?

Marcar apenas uma oval.

- Só estudo na véspera da prova
- Menos de uma hora por semana
- Uma a duas horas por semana
- Duas a 4 horas por semana
- 4 a 8 horas por semana

Dificuldades no estudo da anatomia

Qual é o seu nível de concordância com as seguintes afirmações

12. **O volume de informação é muito grande e não consigo estudar toda a matéria** *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Disc Concordo Totalmente

13. **Tenho dificuldade em memorizar tantos nomes em um curto espaço de tempo** *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Disc Concordo Totalmente

14. **Sinto dificuldade em visualizar as estruturas e suas relações espaciais em 3D** *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Disc Concordo Totalmente

15. **Não consigo ver a relação dos conhecimentos de anatomia com as outras matérias** *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Disc Concordo Totalmente

16. **Sinto falta de recursos educacionais para estudo em casa** *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Disc Concordo Totalmente

17. **Não tenho acesso ao estudo prático em cadáver com a frequência que gostaria** *

Marcar apenas uma oval.

1 2 3 4 5

Disc Concordo Totalmente

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

APÊNDICE D - QUESTIONÁRIO FINAL

Nome: _____ Matrícula: _____
 Email: _____

Avaliação Geral da Qualidade das Peças 3D:

Como você avalia a qualidade das peças anatômicas 3D no aplicativo MeoAtlas em termos de precisão e detalhamento?

- a) Muito baixa
- b) Baixa
- c) Média
- d) Alta
- e) Muito alta

Clareza e Detalhamento: As peças anatômicas 3D do aplicativo MeoAtlas ajudaram a esclarecer conceitos anatômicos que eram difíceis de entender somente com livros ou aulas teóricas?

- a) Sim, foram de grande ajuda
- b) Sim, mas somente parcialmente
- c) Não tiveram impacto
- d) Na verdade, trouxeram mais confusão
- e) Não usei as peças 3D para esse fim

Comparação com Outros Recursos: Como você compara as peças anatômicas 3D do MeoAtlas com outros recursos visuais (como livros, vídeos, ou outros aplicativos) que você usou para estudar anatomia?

- a) Muito superior
- b) Ligeiramente superior
- c) Mesmo nível
- d) Ligeiramente inferior
- e) Muito inferior

Facilidade de Uso: Como você avalia a facilidade de navegação e uso do aplicativo MeoAtlas?

- a) Muito fácil de usar
- b) Relativamente fácil
- c) Neutro
- d) Um pouco difícil
- e) Muito difícil de usar

Desempenho e Estabilidade: Como você avalia o desempenho geral do aplicativo (velocidade de carregamento, estabilidade, ausência de bugs)?

- a) Excelente
- b) Bom
- c) Médio
- d) Ruim
- e) Péssimo

Melhoria no Entendimento: O uso do MeoAtlas contribuiu para uma melhor compreensão da matéria de anatomia?

- a) Contribuiu significativamente
- b) Contribuiu moderadamente
- c) Não fez diferença
- d) Piorou minha compreensão
- e) Não usei o aplicativo para estudar

Recomendação a Outros Estudantes: Você recomendaria o MeoAtlas a outros estudantes que estão estudando anatomia?

- a) Definitivamente sim
- b) Provavelmente sim
- c) Não tenho certeza
- d) Provavelmente não
- e) Definitivamente não

Influência na Motivação para Estudar Anatomia:

Você sente que o uso do aplicativo MeoAtlas influenciou positivamente sua motivação para estudar anatomia?

- a) Sim, aumentou significativamente minha motivação
- b) Sim, aumentou um pouco minha motivação
- c) Não teve impacto na minha motivação
- d) Diminuiu um pouco minha motivação
- e) Diminuiu significativamente minha motivação

Influência na Dedicção ao Estudo: Você dedicou mais tempo ao estudo da anatomia após começar a usar o aplicativo MeoAtlas?

- a) Sim, passei a dedicar muito mais tempo
- b) Sim, aumentei um pouco o tempo dedicado
- c) Não houve mudança no tempo que eu dedicava
- d) Diminuí um pouco o tempo dedicado
- e) Diminuí significativamente o tempo dedicado

APÊNDICE E - BOAS PRÁTICAS PARA FOTOGRAMETRIA EM ANATOMIA

1 - Preparação e Posicionamento das Peças

- As peças anatômicas devem ser preparadas com cuidado, garantindo uma dissecação de alta qualidade para produzir modelos digitais de alta qualidade.
- As peças devem ser posicionadas de maneira estável, preferencialmente sobre um fundo preto para evitar reflexos indesejados das bancadas metálicas do anfiteatro.
- Para peças conservadas em glicerina ou formol, seque-as adequadamente antes da captura para eliminar reflexos. Peças plastinadas não requerem tratamentos adicionais.

2 - Equipamentos Utilizados

- Utilize smartphones e tablets modernos com câmeras de alta qualidade. Modelos recomendados incluem iPhones 13, 14 e 15 Pro Max, e Samsung S20 FE.
- Avalie a qualidade dos modelos criados de acordo com o programa e a câmera do dispositivo utilizado.

3 - Aplicativos de Fotogrametria

- RealityScan, disponível para Android e Iphone
- Ar Code, exclusivo para iPhones Pro e Pro Max

4 - Iluminação e Fundo

- Utilize a iluminação ambiente do laboratório de Anatomia, evitando fontes de luz adicionais que possam causar reflexos prejudiciais.
- Um tecido preto deve ser utilizado como fundo para melhorar a qualidade das capturas e reduzir reflexos indesejados.

5 - Captura de Imagens

- Siga as instruções do aplicativo para garantir a captura adequada de toda a superfície da peça anatômica
- A captura completa em 360 graus pode não ser viável para todas as peças anatômicas. Para peças mais firmes, como plastinadas e ósseas, a digitalização integral é possível.
- Para peças glicerinadas, capture em duas ou mais orientações (anterior e posterior) para garantir todos os detalhes anatômicos.
- Segmentar peças volumosas em seções menores pode melhorar a clareza e o detalhamento dos modelos 3D. Por exemplo, digitalizar separadamente a cavidade torácica em vez do corpo inteiro.
- Peças maiores e mais detalhadas exigirão um maior número de fotos para garantir a precisão.

6 - Processamento e Exportação

- Após a captura, as imagens devem ser processadas nos aplicativos de fotogrametria escolhidos para gerar os modelos 3D.
- Os aplicativos utilizados fornecem orientação em tempo real sobre a adequação da captura, eliminando a necessidade de controle manual da quantidade de imagens.
- Certifique-se de que os modelos gerados atendam aos padrões de qualidade e precisão antes de exportá-los.

7 - Exportação e Formato de Arquivo

- Os modelos 3D devem ser exportados no formato GLB (GL Transmission Format Binary), que é adequado para visualização e integração ao atlas virtual.

Nota: As práticas descritas acima foram desenvolvidas e validadas durante o projeto, com o objetivo de garantir a criação de modelos anatômicos digitais 3D de alta precisão e qualidade.