

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DE
PORTO ALEGRE**

CURSO DE INFORMÁTICA BIOMÉDICA

Caroline Doberstein Ferreira Bernich

**Aplicação Gráfica Interativa Baseada em Realidade Aumentada para
Auxílio ao Processo de Ensino-Aprendizagem de Anatomia Humana**

Porto Alegre, 2024.

Caroline Doberstein Ferreira Bernich

**Aplicação Gráfica Interativa Baseada em Realidade Aumentada para
Auxílio ao Processo de Ensino-Aprendizagem de Anatomia Humana**

**Projeto de pesquisa para realização do
Trabalho de Conclusão de Curso em Informática Biomédica.**

Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre

Orientadora: Prof^a. Isabel Cristina Siqueira da Silva

Coorientadora: Prof^a. Andréa Oxley da Rocha

Porto Alegre - RS

2024

Prof^a. Isabel Cristina Siqueira da Silva
Orientadora

Prof^a. Andréa Oxley da Rocha
Coorientadora

Caroline Doberstein Ferreira Bernich

Resumo	5
Abstract	6
1 Introdução e Justificativa	7
2 Objetivos	9
2.1 Objetivo Geral	9
2.2 Objetivos Específicos	9
3 Referencial Teórico	10
3.1 Processo de Ensino-Aprendizagem em Anatomia Humana	10
3.2 Realidade Aumentada e suas Aplicações	11
3.3 Aplicações Gráficas Interativas no Processo de Ensino-Aprendizagem	12
3.4 Desenvolvimento de Aplicações Gráficas Interativas baseadas em Realidade Aumentada para o Ensino de Anatomia Humana	14
3.5 Unity e Vuforia como Ferramentas de Desenvolvimento	15
4 Artigo científico	16
5 Considerações Finais	35
Referências	36

Resumo

A realidade aumentada (RA) tem se mostrado uma tecnologia que pode auxiliar no processo de ensino-aprendizagem na área da saúde, servindo como forma de metodologia ativa que inova na apresentação de conceitos relacionados à anatomia humana para os estudantes e interessados no assunto. Neste contexto, este trabalho teve, como objetivo, desenvolver uma aplicação digital que explora o potencial da RA no ensino da anatomia, com foco na criação de uma ferramenta acessível e interativa para estudantes de áreas da saúde.

A aplicação tem como proposta oferecer, aos usuários, a oportunidade de visualizar e explorar a anatomia do corpo humano de forma digital e tridimensional (3D), visando auxiliar na compreensão de estruturas anatômicas. Este estudo se baseou no método de desenvolvimento centrado no usuário, um processo iterativo de projeto e desenvolvimento que se baseia nas necessidades dos usuários. Para tanto, além da realização da revisão de literatura sobre o uso de RA na educação em saúde, foram realizadas visitas ao laboratório de anatomia e ao museu de anatomia da UFCSPA além de entrevistas não estruturadas com profissionais que atuam no ensino de anatomia para entender o impacto que essa tecnologia poderia ter no processo de ensino e aprendizagem. Tais profissionais atuaram como stakeholders.

A partir de então, o aplicativo foi projetado e desenvolvido. O protótipo desenvolvido inclui funcionalidades como visualização 3D de estruturas anatômicas do corpo humano e interação com estas em tempo real. A partir de testes com stakeholders, pode-se afirmar que o protótipo desenvolvido cumpriu a proposta de criar uma experiência interativa para os usuários. A aplicação permitiu a visualização de peças anatômicas em três dimensões, com possibilidade de interação para explorar diferentes partes e estruturas das mesmas.

Ferramentas digitais baseadas em RA constituem um meio inovador para o auxílio ao ensino de anatomia humana, podendo complementar métodos tradicionais como atlas analógicos e uso de peças anatômicas humanas conservadas com formol. Os profissionais que participaram deste estudo destacaram o potencial da aplicação desta ferramenta em sala de aula, com estudantes da área da saúde, além da possibilidade de ampliação do seu emprego para o público em geral, principalmente aquele que visita espaços como o museu de anatomia da UFCSPA.

Abstract

Augmented Reality (AR) has proven to be a technology that can assist in the teaching-learning process in the health field, serving as an active methodology that innovates in the presentation of concepts related to human anatomy for students and those interested in the subject. In this context, the objective of this work was to develop a digital application that explores the potential of AR in teaching anatomy, focusing on creating an accessible and interactive tool for students in health-related areas.

The application aims to offer users the opportunity to visualize and explore human anatomy in a digital and three-dimensional (3D) manner, aiding in the understanding of anatomical structures. This study was based on the user-centered development method, an iterative design and development process that relies on users' needs. To this end, in addition to conducting a literature review on the use of AR in health education, visits were made to the anatomy laboratory and the anatomy museum of UFCSPA, as well as unstructured interviews with professionals involved in teaching anatomy to understand the impact this technology could have on the teaching and learning process. These professionals acted as stakeholders.

From there, the application was designed and developed. The developed prototype includes features such as 3D visualization of human anatomical structures and real-time interaction with them. Based on tests with stakeholders, it can be affirmed that the developed prototype met the proposal of creating an interactive experience for users. The application allowed the visualization of anatomical pieces in three dimensions, with the possibility of interaction to explore different parts and structures of these pieces.

AR-based digital tools constitute an innovative means to aid in teaching human anatomy, potentially complementing traditional methods such as analog atlases and the use of human anatomical specimens preserved with formaldehyde. The professionals who participated in this study highlighted the potential of applying this tool in the classroom with health science students, as well as the possibility of expanding its use to the general public, especially those visiting spaces like the UFCSPA anatomy museum.

1 Introdução e Justificativa

A anatomia humana é uma disciplina essencial nos cursos da área da saúde, pois fornece a base para a formação de profissionais que precisam compreender a estrutura do corpo humano. No entanto, o ensino e a aprendizagem dessa disciplina podem ser desafiadores devido à sua complexidade. A anatomia é uma área extensa e detalhada, exigindo dos estudantes um conhecimento profundo de sistemas, órgãos e estruturas, o que torna o aprendizado mais difícil (Salbego et al., 2015). A nomenclatura anatômica, por ser cheia de termos técnicos e específicos, também é uma barreira adicional. Como aponta Silva et al. (2018), o domínio da terminologia científica é um elemento indispensável para que os estudantes construam uma compreensão integrada dos conceitos anatômicos, permitindo que relacionem diferentes estruturas e funções de forma lógica e significativa.

As inovações tecnológicas, como o uso de computadores, celulares e animações, podem tornar o aprendizado de anatomia mais interessante e contribuir para a qualidade do ensino (Zargaran et al., 2020). No entanto, essas tecnologias não substituem completamente as aulas práticas no laboratório com os cadáveres e os professores, elas estão presentes para o auxílio na aprendizagem.

A RA destaca-se como uma ferramenta para o ensino de anatomia humana, integrando o ambiente físico com elementos digitais de maneira interativa e visualmente atraente. Segundo Akçayır e Akçayır (2017), a RA permite uma experiência imersiva que não só facilita a compreensão espacial de estruturas complexas, como também melhora o envolvimento do estudante ao proporcionar a visualização de modelos 3D diretamente no ambiente real. Essa tecnologia torna possível explorar peças anatômicas em detalhes e obter informações textuais sobre cada estrutura, enriquecendo o processo de ensino-aprendizagem em ambientes laboratoriais.

A utilização da realidade aumentada no ensino da anatomia permite aos alunos uma visualização detalhada dos objetos em todas as suas dimensões, possibilitando a exploração em 360°, considerando largura, altura e profundidade (Mileva, 2020). Esse tipo de visualização é particularmente vantajoso na anatomia humana, pois possibilita a interação com os modelos, permitindo aos alunos transladar e rotacionar as estruturas virtuais para uma compreensão mais completa.

Na Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA), além das disciplinas de graduação e pós-graduação que abordam conceitos de anatomia humana, a aplicação desenvolvida no âmbito deste trabalho pode auxiliar, também, no acesso ao

acervo do Museu de Anatomia, o qual está permanente na faculdade desde 2024 permitindo, tanto à comunidade universitária quanto ao público externo, o acesso a peças anatômicas humanas reais. Este espaço, enriquecido pelo Programa de Doação de Corpos, idealizado em 2008 pela professora Andrea Oxley da Rocha, desempenha um papel crucial no ensino da anatomia, promovendo a educação inclusiva e prática.

Diante disso, propõe-se o desenvolvimento de uma aplicação de RA como ferramenta complementar no ensino da anatomia humana, buscando promover maior compreensão dos alunos e usuários da plataforma, além de ampliar as possibilidades pedagógicas do Museu de Anatomia da UFCSPA.

2 Objetivos

2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma aplicação gráfica interativa utilizando a tecnologia de Realidade Aumentada (RA) para auxiliar no processo de ensino-aprendizagem de anatomia humana. Além disso, buscou-se avaliar sua eficácia como ferramenta complementar, com foco na criação e teste de protótipos que permitissem explorar modelos anatômicos em RA de forma dinâmica e acessível para estudantes de áreas da saúde e para os usuários da plataforma.

2.2 Objetivos Específicos

Para que o objetivo geral deste projeto seja cumprido, os seguintes objetivos específicos foram propostos:

- I. Elencar referenciais teóricos relacionados que sirvam de base para este estudo;
- II. Identificar, junto a docentes e pesquisadores da UFCSPA, que atuam em disciplinas envolvendo anatomia humana, requisitos para o sistema proposto;
- III. Identificar o melhor modelo de scanner para o uso em realidade aumentada;
- IV. Projetar e desenvolver um protótipo de aplicação gráfica interativa baseada em realidade aumentada para auxiliar o processo de ensino-aprendizagem de anatomia humana;
- V. Avaliar o protótipo desenvolvido junto aos professores que participaram do objetivo específico II, a fim de identificar possíveis melhorias e ajustes para futuras implementações.

3 Referencial Teórico

3.1 Processo de Ensino-Aprendizagem em Anatomia Humana

A anatomia é um dos ramos mais antigos da Medicina, e sua evolução está profundamente conectada à história da humanidade. Na Grécia Antiga, Cláudio Galeno desempenhou um papel fundamental no ensino da anatomia, apesar das restrições e proibições da época (Körperwelten, 2023). Contudo, foi somente no século XVI, com a publicação da obra *De Humani Corporis Fabrica* por Andreas Vesalius, que a anatomia sofreu uma reformulação significativa, estabelecendo as bases para o avanço da disciplina e seu estudo sistemático (Kickhöfel, 2003).

O estudo da anatomia humana é crucial para a compreensão e prática da medicina (Eizenberg, 2015). Através do conhecimento anatômico, os profissionais de saúde podem compreender a estrutura e organização do corpo humano, bem como as relações entre seus diferentes sistemas e órgãos (De Melo, 2023). Isso é essencial para realizar diagnósticos precisos, planejar tratamentos adequados e realizar procedimentos médicos com segurança.

Contudo, as dificuldades enfrentadas pelos estudantes no aprendizado da anatomia frequentemente levam estes a sentimentos de impotência e desânimo, sendo a falta de experiência prática uma das principais dificuldades (Salbego et al., 2015). Para melhorar os resultados de aprendizagem, os educadores exploraram diferentes metodologias de ensino, porém, o tamanho das turmas e a complexidade do conteúdo apresentam desafios.

Os autores Langa et al. destacam a importância dos recursos educacionais digitais em anatomia e fisiologia humana, especialmente durante a pandemia, quando o ensino presencial foi amplamente substituído por plataformas virtuais. Entre os recursos digitais mencionados estão o uso de atlas de anatomia humana, além de elementos visuais, áudios e imagens que facilitam a aprendizagem dos estudantes de medicina. Estudos recentes têm avaliado o impacto do uso de smartphones e aplicativos móveis como ferramentas educacionais para estudantes de Medicina, destacando suas vantagens no suporte ao aprendizado independente e na repetição de conteúdo fora da sala de aula (Smith and Mathias, 2011).

Estudos indicam que a incorporação de tecnologias móveis no ensino tem um impacto positivo na retenção de informações e pode ser particularmente eficaz em contextos de ensino remoto, uma vez que oferece acesso flexível ao conteúdo educacional (Han et al.,

2020). No entanto, o uso de tais tecnologias também apresenta desafios, como a necessidade de adaptação dos currículos tradicionais e a limitação das interações práticas, que são essenciais para a formação em áreas clínicas e médicas (George et al., 2023).

3.2 Realidade Aumentada e suas Aplicações

Em 1990, o termo "realidade aumentada" foi criado por Thomas Caudell, pesquisador da Boeing Computer Services Research (Mealy, 2018). Ele usou esse termo para descrever um sistema de visualização que auxiliava os técnicos na montagem de fios de cabeamento em aeronaves, e com isso deu início ao uso de realidade aumentada em um ambiente industrial.

A RA vem sendo explorada como tecnologia de apoio em várias indústrias, com dispositivos como os óculos desempenhando um papel significativo em atividades que exigem visualização interativa e sobreposição de dados em ambientes reais. Na indústria, o uso de óculos de RA pode facilitar a identificação de produtos e o suporte à inspeção de qualidade, resultando em aumento da produtividade, além de reduzir custos e o tempo de manutenção ao permitir acesso a dados em tempo real e instruções detalhadas diretamente no campo de visão dos operadores (Reljic et al., 2021).

Aplicações da RA estão presentes em diversos setores, como Jogos Digitais, Medicina, Arquitetura e Indústria 4.0, onde a tecnologia pode melhorar os processos e otimizar recursos, lidando com questões de produção ineficiente e gestão de operações (Wieland et al., 2024).

Além disso, a integração da RA com ferramentas de inteligência artificial (IA) possibilita a criação de sistemas de aprendizado automático e análise de dados, que tornam as operações industriais mais inteligentes e adaptativas, promovendo maior precisão e controle no ambiente de produção (Reljic et al., 2021).

A RA e a realidade virtual (RV) são tecnologias diferentes que podem ser usadas em conjunto para criar experiências mais imersivas para o usuário (Pinto and Filho, 2015). A RA permite adicionar elementos virtuais no mundo real, enquanto a RV cria um ambiente totalmente virtual. Ambas as tecnologias podem ser usadas em conjunto para criar experiências mais envolventes e realistas. Por exemplo, um aplicativo RA pode ser usado para sobrepor informações virtuais em um objeto real, como um museu ou uma loja, enquanto a RV pode ser usada para criar uma experiência totalmente imersiva em um jogo ou simulação (uptime, 2017). A combinação das duas tecnologias pode fornecer uma experiência mais completa e realista para o usuário, permitindo que ele interaja com o

ambiente virtual e com elementos reais ao mesmo tempo.

A RA tem sido aplicada com sucesso na área da Medicina, oferecendo recursos avançados que possibilitam a projeção detalhada do corpo humano, incluindo órgãos e sistemas, em um ambiente virtual interativo. Essa tecnologia permite que profissionais de saúde visualizem estruturas anatômicas com maior clareza e adotem abordagens mais precisas para diagnóstico e tratamento (Zhao et al., 2020). Aplicações específicas da RA incluem cirurgias guiadas por imagem, onde o cirurgião pode sobrepor dados de imagem diretamente no corpo do paciente, melhorando os resultados e reduzindo os riscos associados (Maresky et al., 2019).

Esses avanços também se refletem em atendimentos clínicos e exames médicos, onde a tecnologia auxilia na visualização e análise, trazendo benefícios tanto para os profissionais quanto para os pacientes ao possibilitar diagnósticos mais rápidos e confiáveis (Aridan et al., 2024).

Na Educação, a RA está proporcionando experiências virtuais interativas e imersivas que possibilitam a aprendizagem. A tecnologia de RA também é conveniente para a aprendizagem online e pode ser usada para atividades divertidas, como jogos educacionais em 3D. Os benefícios e casos de uso na educação estão sendo pesquisados e desenvolvidos, com a demanda por soluções de educação baseadas em RA em ascensão (Shenoy, 2023). Segundo os autores, a RA oferece possibilidades ilimitadas e experiências enriquecedoras no campo da educação, entretenimento e indústria.

3.3 Aplicações Gráficas Interativas no Processo de Ensino-Aprendizagem

Há maneiras didáticas de utilizar um software de edição gráfica com o intuito de facilitar e enriquecer o processo de ensino e aprendizagem na área gráfica (Iveta, 2018). A linguagem utilizada deve ser acessível a todos os públicos, tanto para alunos quanto para professores, e o conteúdo deve ser organizado de maneira lógica e coerente, abrangendo desde noções básicas até funcionalidades mais avançadas (Lou, 2017).

Existem diversas ferramentas online disponíveis para a criação de aplicativos educacionais com gráficos interativos. O MindMeister¹ é uma ferramenta de organização gráfica que oferece modelos gratuitos, enquanto o Prezi² é um software para criar apresentações

¹<https://www.mindmeister.com/>

²<https://prezi.com/pt/>

interativas (Prezi Inc., 2023). Já o Pixton³ é uma plataforma de criação de desenhos animados que pode ajudar os estudantes a criar histórias em quadrinhos (Iveta, 2018). De modo geral, os softwares de animação podem ser uma ferramenta para aprimorar o conteúdo visual em diversas indústrias.

O uso de tecnologias digitais na educação tem mostrado ser uma estratégia eficaz para aumentar a curiosidade dos estudantes e engajar mais ativamente no processo de aprendizado. A implementação dessas ferramentas não só facilita a visualização de conteúdos complexos, como também permite um aprendizado mais profundo e uma melhor compreensão dos conceitos. Isso é particularmente importante para disciplinas como a anatomia, onde a representação visual e a interação prática são essenciais (Aureliano and Queiroz, 2023).

O uso de dispositivos como tablets e óculos de Realidade Aumentada permite aos alunos visualizar conceitos complexos de maneira detalhada e interativa (Tene et al., 2024). Tecnologias imersivas, como a RA, deixaram de ser apenas tendências e se tornaram componentes importantes na educação, proporcionando novas oportunidades para experiências de aprendizado colaborativo, onde os estudantes podem explorar e manipular conteúdos de forma ativa (Tene et al., 2024). Esse tipo de interação transforma o ensino, permitindo uma melhor compreensão de conceitos abstratos e facilitando a retenção de conteúdo de maneira mais eficaz (Ghanbaripour et al., 2024).

A Unity Engine⁴ é uma plataforma de desenvolvimento que permite a criação de jogos e aplicações industriais com recursos de realidade aumentada acessíveis em diversos dispositivos inteligentes. Utilizando o AR Foundation, os desenvolvedores podem integrar a aplicação em uma ampla gama de experiências interativas, com suporte multiplataforma para sistemas iOS e Android. Esse recurso facilita a detecção de superfícies, rastreamento de movimento e oclusão de objetos em 3D, expandindo as possibilidades para projetos em áreas como educação, indústria e entretenimento (Unity, 2023).

A Unity também investe em educação e capacitação para novos desenvolvedores, oferecendo cursos sobre RA e RV, que abordam desde fundamentos básicos até práticas avançadas de desenvolvimento. Esses cursos são projetados para apoiar a comunidade de desenvolvedores no uso de tecnologias imersivas para criar soluções interativas e informativas (Unity, 2023).

³<https://www.pixton.com/>

⁴<https://unity.com/pt>

3.4 Desenvolvimento de Aplicações Gráficas Interativas baseadas em Realidade Aumentada para o Ensino de Anatomia Humana

A área da saúde é amplamente beneficiada pela implementação da realidade aumentada em seus processos (Almeida, 2020). Essa tecnologia facilita o aprendizado, proporcionando recursos avançados para compreender a anatomia humana, e também aprimorar os procedimentos cirúrgicos. Aplicativos como Visible Body⁵ e RAMED que ainda está em fase de prototipação têm como objetivo proporcionar experiências interativas e envolventes para os estudantes aprenderem sobre o corpo humano (Nunes et al., 2018).

Além disso, a RA está sendo usada com sucesso em procedimentos clínicos. Por exemplo, o AccuVein projeta mapas de veias em tempo real sobre a pele, facilitando a visualização e o acesso aos vasos sanguíneos. Estudos indicam que essa tecnologia melhora a precisão em procedimentos invasivos e aumenta a segurança do paciente, o que é especialmente útil em ambientes hospitalares com alta demanda (Taha et al., 2020).

A RA possui um papel promissor na educação médica, permitindo a visualização de órgãos em três dimensões e a exploração interativa de sistemas anatômicos complexos, o que auxilia a integrar teoria e prática no aprendizado (Daga et al., 2023).

O artigo "Augmented Reality in Medical Education: A Mixed-Methods Feasibility Study" aborda a viabilidade do uso da Realidade Aumentada no contexto educacional médico, destacando a eficácia dessa tecnologia no ensino de anatomia e outras disciplinas clínicas. O estudo, conduzido de forma mista, combinou métodos quantitativos e qualitativos para avaliar a aceitação, a eficácia e o impacto da RA no processo de aprendizagem de estudantes de medicina. Os resultados indicam que os participantes reconheceram a RA como uma ferramenta inovadora que facilitou a compreensão de conceitos anatômicos complexos, permitindo uma visualização tridimensional interativa do corpo humano. Além disso, a tecnologia foi considerada eficaz para complementar os métodos tradicionais de ensino, proporcionando uma experiência de aprendizado mais envolvente e dinâmica (George et al., 2023).

⁵<https://www.visiblebody.com/student-learningshop>

3.5 Unity e Vuforia como Ferramentas de Desenvolvimento

A Unity é um motor (ou *engine*) de desenvolvimento de jogos criada pela Unity Technologies em 2005. Ela é capaz de criar jogos para várias plataformas, como PC, consoles e dispositivos móveis. Com suporte para gráficos em 2D e 3D, a Unity oferece uma interface de programação de aplicação (*application programming interface* - API) intuitiva, auxiliando no desenvolvimento de jogos. Além disso, a Unity também suporta a criação de jogos para RA e RV (Schardon, 2023).

Existem diferentes tecnologias de Unity disponíveis para a criação de aplicativos de RA. Uma delas é a estrutura de fundamentos de AR⁶ (AR Foundation), que permite trabalhar com plataformas de RA através de uma interface para criar aplicações que podem ser executadas em diferentes dispositivos móveis (Unity, 2023).

Outra opção é a Vuforia⁷, que permite criar jogos e aplicativos de RA sem codificação. A Vuforia é uma ferramenta para criar aplicativos em plataformas Android⁸ e iOS⁹ (Senum, 2021). Vuforia e Unity têm sido usados em conjunto para criar aplicativos de realidade aumentada há bastante tempo.

O Unity juntamente com o Vuforia reconhecem e rastreiam imagens planas e objetos 3D em tempo real por meio do uso de uma tecnologia de visão específica habilitada por inteligência artificial. Graças a essa capacidade, os desenvolvedores são capazes de localizar e orientar objetos virtuais (modelos 3D) no mundo real quando vistos através da câmera de um smartphone. Ao mesmo tempo, esse modelo gerado virtualmente rastreia a localização ou a posição e orientação do objeto, de modo que a perspectiva do espectador coincida com ele. Dessa forma, dá a impressão de que o objeto virtual está incorporado em uma cena do mundo real, amplificando a percepção sensorial (Tokio, 2023).

Nota-se, assim, que a tecnologia de RA pode auxiliar na compreensão espacial e manter os alunos envolvidos e motivados durante as aulas sobre anatomia humana. Em comparação com os métodos tradicionais, a RA oferece uma experiência de aprendizado imersiva e dinâmica. Além disso, ela tem o potencial de aumentar o interesse do aluno. Portanto, o desenvolvimento de aplicativos de realidade aumentada para o ensino de anatomia é altamente recomendado (Kandikonda, 2011).

⁶<https://unity.com/pt/unity/features/arfoundation>

⁷<https://developer.vuforia.com/>

⁸https://www.android.com/intl/pt-BR_r/

⁹<https://www.apple.com/br/ios>

4 Artigo científico

Esta seção apresenta o artigo científico, desenvolvido no âmbito deste trabalho de conclusão de curso, que será submetido ao Journal of Health Informatics, classificado como Qualis A4 na avaliação de periódicos de 2017 a 2020 da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Para atender às exigências da revista, a formatação do artigo segue o padrão estabelecido por ela.

Aplicação Gráfica Interativa Baseada em Realidade Aumentada para Auxílio ao Processo de Ensino-Aprendizagem de Anatomia Humana

Caroline Doberstein Ferreira Bernich¹, Andréa Oxley da Rocha,
Isabel Cristina Siqueira da Silva
Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre
Porto Alegre, Brasil

Resumo

Introdução e Objetivo: A realidade aumentada (RA) tem se mostrado uma tecnologia que pode auxiliar no processo de ensino-aprendizagem na área da saúde, servindo como forma de metodologia ativa que inova na apresentação de conceitos relacionados à anatomia humana para os estudantes e interessados no assunto. Neste contexto, este trabalho teve, como objetivo, desenvolver uma aplicação digital que explora o potencial da RA no ensino da anatomia, com foco na criação de uma ferramenta acessível e interativa para estudantes de áreas da saúde. A aplicação tem como proposta oferecer, aos usuários, a oportunidade de visualizar e explorar a anatomia do corpo humano de forma digital e tridimensional (3D), visando auxiliar na compreensão de estruturas anatômicas.

Metodologia: Este estudo se baseou no método de desenvolvimento centrado no usuário, um processo iterativo de projeto e desenvolvimento que se baseia nas necessidades dos usuários. Para tanto, além da realização da revisão de literatura sobre o uso de RA na educação em saúde, foram realizadas visitas ao laboratório de anatomia e ao museu de anatomia da UFCSPA além de entrevistas não estruturadas com profissionais que atuam no ensino de anatomia para entender o impacto que essa tecnologia poderia ter no processo de ensino e aprendizagem. Tais profissionais atuaram como *stakeholders*. A partir de então, o aplicativo foi projetado e desenvolvido.

Resultados: O protótipo desenvolvido inclui funcionalidades como visualização 3D de estruturas anatômicas do corpo humano e interação com estas em tempo real. A partir de testes com *stakeholders*, pode-se afirmar que o protótipo desenvolvido cumpriu a proposta de criar uma experiência interativa para os usuários. A aplicação permitiu a visualização de peças anatômicas em três dimensões, com possibilidade de interação para explorar diferentes partes e estruturas das mesmas.

Conclusão: Ferramentas digitais baseadas em RA constituem um meio inovador para o auxílio ao ensino de anatomia humana, podendo complementar métodos tradicionais como atlas analógicos e uso de peças anatômicas humanas conservadas com formol. Os profissionais que participaram deste estudo destacaram o potencial da aplicação desta ferramenta em sala de aula, com estudantes da área da saúde, além da possibilidade de ampliação do seu emprego para o público em geral, principalmente aquele que visita espaços como o museu de anatomia da UFCSPA.

Descritores: Realidade aumentada, Anatomia humana, Ensino em saúde, Interação Humano-Computador

¹ Autora correspondente
email: caroline.bernich@ufcspa.edu.br

1. Introdução

A realidade aumentada (RA) tem se destacado como uma ferramenta inovadora na educação, representando uma forma de metodologia ativa para engajar e motivar os estudantes (Dede e Mitchell, 2009). Em relação ao ensino de conceitos relacionados à anatomia humana, tradicionalmente, são empregados métodos visuais e analógicos, que incluem aulas expositivas, dissecação de cadáveres, o uso de atlas anatômicos impressos em papel e modelos anatômicos tridimensionais (3D) confeccionados em resina plástica. Pesquisas, como a de Bacca et al. (2014), indicam que o uso de RA na educação pode melhorar significativamente a compreensão e retenção de conhecimento. Akçayır e Akçayır (2017) também apontam que a RA tem o potencial de aumentar a motivação e o interesse dos alunos, tornando o aprendizado mais interativo e cativante.

A RA tem se destacado como uma ferramenta inovadora na educação, oferecendo inúmeras vantagens pedagógicas. Um dos principais benefícios da RA, no ensino, é a capacidade de adaptação às necessidades individuais de cada aluno, permitindo que o aprendizado ocorra no ritmo de cada um (Radu, 2014). Essa adaptabilidade promove um aprendizado mais independente, aumentando a autonomia e a confiança dos alunos no processo educacional, o que é essencial para a construção de uma base de conhecimento sólida e personalizada.

Além disso, a integração da RA com plataformas educacionais permite fornecer *feedback* em tempo real e realizar avaliações contínuas, tornando o ensino mais dinâmico e responsivo às necessidades dos estudantes (Ibáñez et al., 2014). Essa interatividade cria um ambiente de aprendizado mais envolvente e motivador, que pode contribuir para melhorar o desempenho acadêmico e a retenção do conhecimento.

Considerando o exposto, este trabalho teve, por objetivo, explorar os benefícios da RA no ensino da anatomia humana para estudantes da área da saúde, visando proporcionar uma ferramenta que torne o estudo mais dinâmico. Em paralelo, a ferramenta desenvolvida também pode ser utilizada por usuários em geral que tenham interesse em aprender sobre anatomia humana, como as pessoas que visitam o museu de anatomia da UFCSPA, por exemplo..

Para tanto, foram realizadas as seguintes etapas:

- 1 - Pesquisa por referenciais teóricos e trabalhos relacionados;
- 2 - Coleta de requisitos com stakeholders;
- 2- Pesquisa por scanners 3D para dispositivos móveis a fim de escanear as peças in loco;
- 3 - Obtenção de modelos 3D de peças anatômicas em diferentes fontes (website Sketchfab², laboratório de anatomia e museu de anatomia, ambos situados na Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre - UFCSPA);
- 4- Desenvolvimento da aplicação gráfica e interativa baseada em RA;
- 5- Testes da solução desenvolvida com profissionais da área da saúde que atuaram como *stakeholders* durante o desenvolvimento deste estudo.

O restante do texto está organizado como segue. Além desta seção introdutória, a seção 2 apresenta os trabalhos relacionados ao trabalho proposto. Em seguida, a seção 3 descreve a coleta de requisitos e o projeto do aplicativo. A seção 4 detalha a obtenção de modelos 3D de anatomia humana, enquanto a seção 5 aborda o desenvolvimento da aplicação gráfica. Já a seção 6 aborda os resultados obtidos e a discussão do trabalho, e, finalmente, a seção 7 oferece as conclusões obtidas.

2. Trabalhos Relacionados

Esta seção discute, brevemente, trabalhos relacionados aos temas deste estudo, os quais foram usados para embasar o projeto e o desenvolvimento do aplicativo proposto. Foram consultadas bases de dados como PubMed, Scielo, Science Direct, entre outras, e as seguintes palavras-chave: anatomia humana, ensino em saúde, realidade aumentada (RA).

Küçük et al. (2016) estudaram o impacto de um aplicativo de RA no aprendizado de anatomia e observaram uma melhora significativa na compreensão dos conceitos pelos alunos. Moro et al. (2017) destacam que a RA pode criar experiências de

² <https://sketchfab.com/>

aprendizado imersivas, permitindo aos estudantes interagir com modelos tridimensionais de estruturas anatômicas em tempo real.

Makransky et al. (2020) investigaram os benefícios motivacionais e cognitivos do treinamento em realidade virtual imersiva, demonstrando que tecnologias gráficas interativas podem aumentar o engajamento dos alunos e melhorar seu desempenho acadêmico. Küçük et al. (2016) estudaram o impacto de um aplicativo de RA no aprendizado de anatomia e observaram uma melhora significativa na compreensão dos conceitos pelos alunos. Wei et al. (2015) destacaram a criação de um ambiente de aprendizado interativo e imersivo através da RA, permitindo interação com modelos 3D de estruturas anatômicas.

O artigo de Silva e Almeida (2023) aborda a utilização da RA como uma ferramenta pedagógica inovadora para o ensino médio. O estudo destaca a eficácia da RA em tornar as aulas mais interativas e envolventes, possibilitando aos alunos uma maior compreensão dos conteúdos através da visualização de objetos tridimensionais e animações em tempo real. A pesquisa sugere que o uso de RA no ensino pode não só ser acadêmico dos estudantes, mas também aumentar a motivação e o interesse pelas disciplinas escolares.

A partir destes trabalhos, nota-se um crescente interesse no uso de RA no processo de ensino-aprendizagem, principalmente na área da saúde, contribuindo para uma melhora no desempenho dos estudantes em termos de motivação, engajamento e retenção de conhecimento.

3. Coleta de Requisitos e Projeto do Aplicativo

Após a realização da análise de trabalhos relacionados, foram realizadas visitas ao laboratório de anatomia e ao museu da UFCSPA para pesquisa exploratória e coleta de requisitos para o aplicativo proposto. Foram realizadas, ainda, entrevistas não-estruturadas com perguntas abertas à equipe de modo a entender como as peças anatômicas são preparadas para as aulas de anatomia e, também, como são apresentadas aos estudantes e frequentadores do Museu da UFCSPA o tipo de atividades e interação que estes têm com as peças.

A equipe de profissionais, os quais representaram os *stakeholders* neste projeto e

contribuíram para o desenvolvimento centrado no usuário, foi formada por:

- Uma professora responsável pelo laboratório de anatomia e pelo museu da universidade, a qual apresentou o laboratório da UFCSPA e explicou como é o processo de preparação das peças anatômicas para uso no ensino de anatomia humana;
- Um técnico de laboratório responsável pela preparação e manutenção dos equipamentos e materiais para as pesquisas e aulas práticas e que auxilia no controle técnico do museu;
- 2 estudantes bolsistas do museu de anatomia da UFCSPA que são responsáveis por organizar e ministrar apresentações para os visitantes e estudantes, apresentando cada peça do acervo, explicando suas características anatômicas e seu contexto;
- 1 bolsista de apoio técnico do laboratório de inovação da UFCSPA responsável pelo scanner da Creality Cloud;

A equipe indicou as seguintes características como importantes para o aplicativo apresentar:

- Qualidade e fidedignidade dos modelos 3D de anatomia humana; Interação com os modelos 3D apresentado: mover e rotacionar os modelos;
- Apresentação de diferentes camadas de uma peça anatômica;
- Plataforma mobile;

A próxima seção aborda a obtenção dos modelos 3D.

4. Obtenção de Modelos 3D de Anatomia Humana

Para os modelos 3D apresentados no aplicativo, inicialmente pensou-se em usar apenas arquivos disponibilizados no website Sketchfab. Porém, após as visitas ao laboratório de anatomia da UFCSPA, e apresentação dos modelos do website à professora responsável por este, decidiu-se obter modelos através do escaneamento de peças reais existentes neste espaço..

A seguir, ambos os processos para obtenção de modelos 3D são descritos.

4.1 Modelos 3D do Website Sketchfab

O site Sketchfab disponibiliza diferentes modelos 3D, tanto de forma gratuita como paga. Alguns destes modelos 3D, relacionados à anatomia humana, foram empregados neste trabalho e selecionados de acordo com a fidedignidade e a precisão das representações anatômicas. A Figura 1 apresenta um destes modelos.

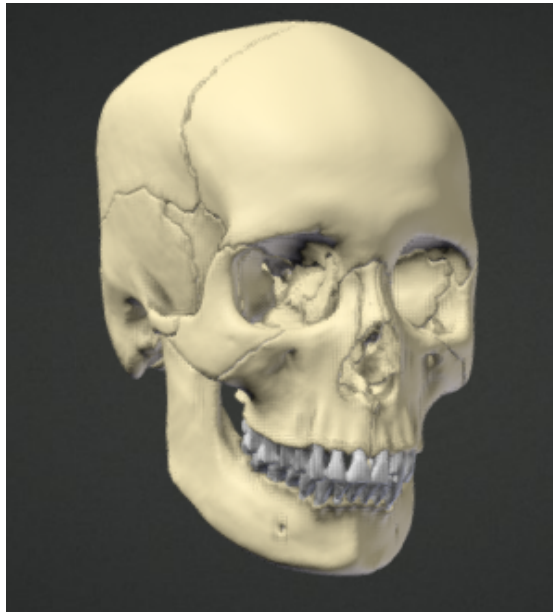


Figura 1. Exemplo de peça disponível no sketchfab

4.2 Modelos 3D Escaneados

- Para escaneamento dos modelos anatômicos existentes no laboratório de anatomia e no Museu de Anatomia da UFCSPA, foram testadas duas possibilidades: Scanner Creality Cloud³;
- Aplicativo Widar para escaneamento 3D⁴.

O Scanner Creality Cloud, disponibilizado pelo Laboratório de Inovação e Tecnologia da UFCSPA (LIPECIN), foi utilizado para digitalizar as peças anatômicas reais. A ferramenta, originalmente projetada para impressões 3D, conecta-se à plataforma de nuvem da Creality, permitindo o armazenamento e a impressão dos modelos gerados. No contexto deste projeto, o scanner foi adaptado para capturar detalhes anatômicos, incluindo a forma e a textura das peças.

³ <https://www.crealitycloud.com/pt/software-firmware/software/creality-scan>

⁴ <https://www.widar.io/>

Este scanner possui os seguintes modos de escaneamento:

- Formas geométricas: Captura a estrutura básica de objetos, como cubos e superfícies planas, garantindo a fidelidade das dimensões.
- Texturas: Registra os detalhes da superfície, como cores e padrões, sendo essencial para a reconstrução visual precisa do objeto.

Foram realizados três testes de escaneamento:

- Primeiro teste: Utilizou-se uma peça de coração sobre uma superfície metálica brilhante, resultando em falhas no escaneamento.
- Segundo teste: A peça foi colocada sobre uma toalha de papel branco, apresentando um escaneamento mais eficaz, embora com alguns reflexos ainda perceptíveis.
- Terceiro Teste: Usou-se a base do scanner coberta com filme plástico (Figura 2), gerando resultados similares aos testes anteriores, mas com dificuldades em capturar detalhes finos e em todos ângulos. A Figura 3 mostra o resultado final do escaneamento com tratamento de luz, porém nota-se que não é possível visualizar detalhes como textura e malhas das peças escaneadas.



Figura 2. Coração sob base plastificada

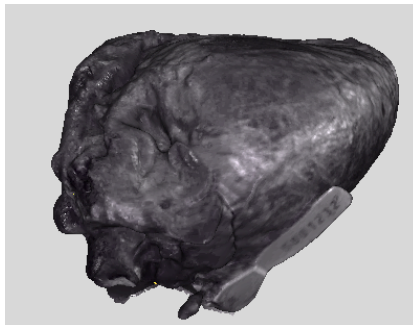


Figura 3. Coração sem base plastificada

Desta forma, o uso do Scanner Creality Cloud, para geração dos modelos 3D para o aplicativo proposto, foi descartado uma vez que os testes mencionados revelaram desafios com superfícies brilhantes, dificultando a identificação precisa dos objetos devido ao reflexo de luz. Mesmo com ajustes na luminosidade e na sensibilidade do scanner visando otimizar os resultados, não se obteve sucesso na aparência das peças escaneadas.

Na sequência, foi testado o aplicativo Widar, o qual é executado em *smartphones*, usando as câmeras destes, para digitalizar objetos e transformá-los em modelos 3D computacionais. O Widar captura tanto a forma quanto a textura dos objetos, resultando em modelos digitais realistas e com a opção de exportação nos formatos OBJ, STL e GLB que podem ser usados em programas de modelagem ou impressoras 3D.

A Figura 4 apresenta um dos modelos 3D, obtido com o Widar a partir de uma peça anatômica do Museu de Anatomia da UFCSPA, sem e com textura além de iluminação.

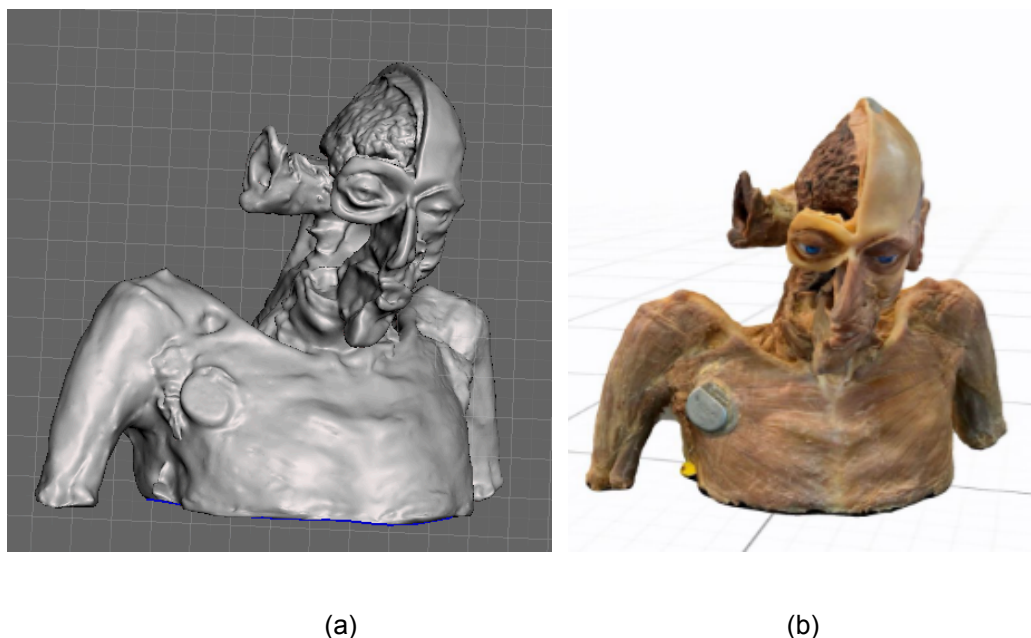


Figura 4. Imagem do modelo 3D escaneado com o Widar a partir de um busto do Museu de Anatomia da UFCSPA: (a) modelo iluminado, mas sem textura; (b) modelo iluminado e com textura.

Já a Figura 5 apresenta exemplos de outros modelos 3D escaneados com o Widar.

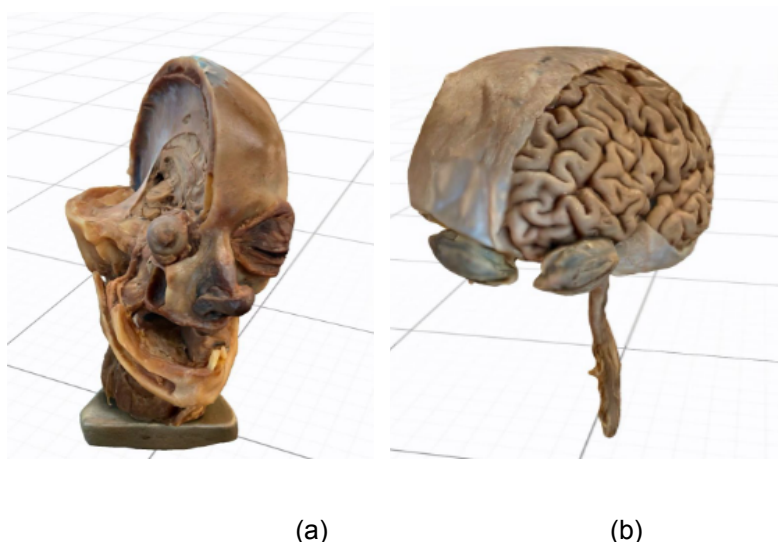


Figura 5. Modelos 3D escaneados com o Widar: (a) imagem de uma cabeça e (b) imagem de um cérebro.

Devido à qualidade dos modelos escaneados, decidiu-se empregar, neste estudo, o Widar para escaneamento das peças anatômicas.

5. Desenvolvimento da Aplicação Gráfica baseada em Realidade Aumentada

Após a obtenção dos modelos 3D de peças anatômicas humanas em formato digital, deu-se início ao desenvolvimento do aplicativo proposto, o qual recebeu o título de “Anatomy 360”.

Com base na análise das ferramentas disponíveis, optou-se pela *game engine* Unity⁵ e pela biblioteca Vuforia⁶, voltada ao desenvolvimento de aplicações gráficas e interativas baseadas em RA e que rodam em dispositivos móveis. A Unity oferece o ambiente para a importação de modelos 3D, aplicação de materiais, texturas e configuração de interações. Já a Vuforia complementa esses recursos com a capacidade de processamento de imagens e rastreamento. De acordo com Silva et al. (2021), essas ferramentas são eficazes no desenvolvimento de aplicações educacionais.

O código da aplicação foi dividido em três scripts principais, nos quais foram

⁵ <https://unity.com/pt>

⁶ <https://developer.vuforia.com/home>

organizadas as funcionalidades de navegação, rotação e interação do usuário com os modelos 3D:

- MainMenu: Gerencia a navegação entre o menu principal e as telas gráficas do aplicativo, permitindo ao usuário transitar pelas diferentes opções da aplicação;
- ObjectRotation: Responsável por permitir que o usuário rotacione as peças anatômicas utilizando os botões presentes na interface, proporcionando uma visualização interativa das peças em diferentes ângulos;
- TesteScript: Gerencia a interação de *touch screen*, permitindo que o usuário interaja com os modelos 3D a partir do toque na tela.

Além desses, a propriedade LeanTouch também foi implementada permitindo que o usuário interaja na peça em tela, arrastando para qualquer direção e ampliando e diminuindo a proporção da mesma.

A tela inicial do aplicativo (Figura 6) contém um botão que redireciona o usuário para a tela que dá acesso aos modelos 3D disponíveis (Figura 7).

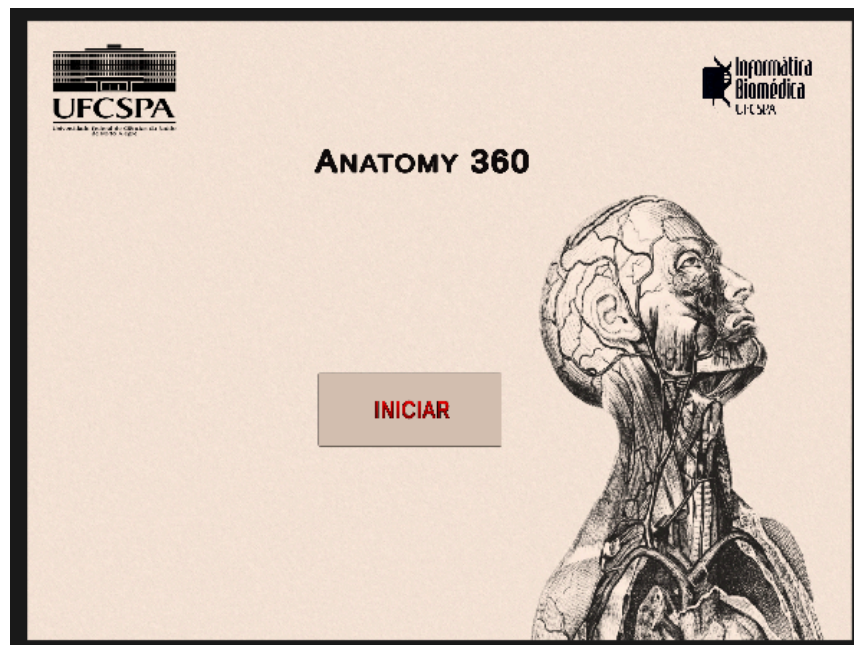


Figura 6. Tela inicial do aplicativo.

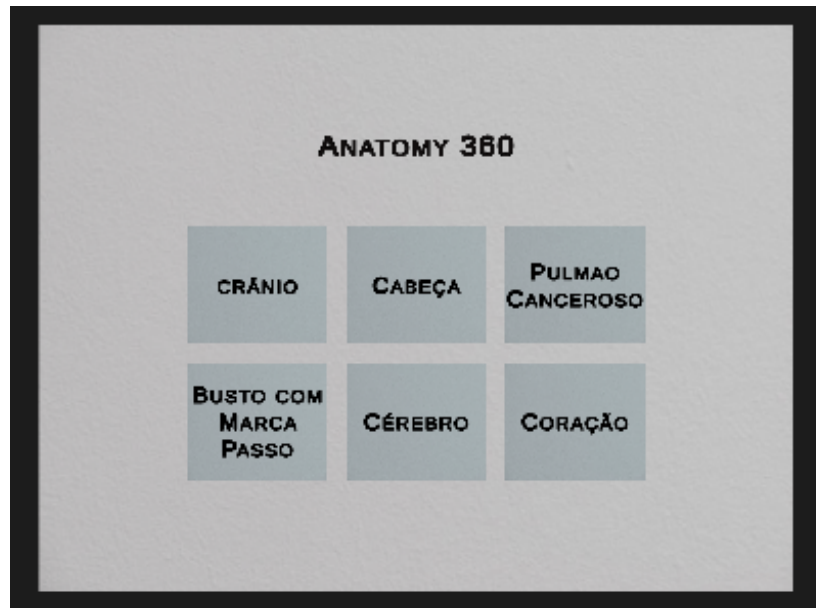


Figura 7. Menu de cenas

A imagem 3D de um modelo escolhido pelo usuário é renderizada sobre a cena real a partir do uso de um *QR code* que indica a posição do modelo sobre a cena (Figura 8). Além do modelo 3D, a cena apresenta um botão que permite voltar à tela inicial do aplicativo e quatro botões direcionais que permitem rotacionar o modelo 3D exibido, possibilitando uma visualização em diferentes ângulos da peça anatômica representada.



Figura 8. Modelo de crânio humano exibido no Anatomy 360.

Para alguns modelos 3D obtidos junto ao Sketchfab, foi possível adicionar informações como o nome das estruturas e implementar a mudança de cor ativada pelo toque do usuário sobre a estrutura (Figura 9). No entanto, para os modelos 3D oriundos dos escaneamento de peças reais, essa funcionalidade não foi possível pois exigiria um tempo considerável de dedicação para criar secções na malha do modelo computacional. Assim, nesses modelos, as interações possíveis são de movimentação e de rotação.



Figura 9. Modelo de crânio humano com nomenclatura e direcionamento.

Para a apresentação dos modelos 3D sobre as cenas reais, foram considerados aspectos técnicos e estéticos, como a utilização de texturas e pivôs na Unity:

- Texturas: A aplicação de texturas nas peças 3D foi realizada para adicionar detalhes visuais, como cores e padrões. A Unity exige que imagens 2D sejam convertidas para o formato Sprite (2D and UI) para que possam ser utilizadas na interface do usuário e nas interações gráficas. Tais questões foram utilizadas para o menu de cenas e para os botões de interação.
- Pivôs: O pivô de cada objeto foi configurado para garantir o correto posicionamento, rotação e escala das imagens. Por exemplo, ao definir o pivô no centro de uma imagem, a manipulação da posição e rotação se torna mais intuitiva, com a imagem se movendo de maneira centrada em relação à cena.

6. Resultados e Discussão

Como mencionado anteriormente, o projeto desta aplicação gráfica interativa, baseada em realidade aumentada, seguiu a metodologia de desenvolvimento centrado no usuário. Assim, a equipe de *stakeholders* que contribuiu neste estudo participou ativamente da proposta, do projeto e do desenvolvimento deste, auxiliando, inclusive, no escaneamento das peças reais do laboratório de anatomia e do Museu de Anatomia da UFCSPA.

Após a realização dos testes de funcionalidade e usabilidade realizados pela autora e pelos *stakeholders* com o sistema desenvolvido, observou-se que a maioria das funcionalidades planejadas foi bem-sucedida e atendeu aos objetivos educacionais propostos envolvendo realidade aumentada. Entre os principais resultados, destaca-se a manipulação dos modelos 3D, permitindo uma visualização detalhada e interativa das peças anatômicas. A interação com modelos computacionais aplicados sobre cenas reais, permite que estudantes e interessados em conceitos de anatomia humana possam usar a ferramenta tanto em sala de aula, em laboratório e, mesmo, no Museu de Anatomia a partir do uso de dispositivos móveis.

O uso de modelos 3D computacionais, gerados a partir do escaneamento *in loco* de peças anatômicas reais do próprio laboratório de anatomia e do Museu de Anatomia também da UFCSPA, proporcionou um diferencial significativo ao projeto, garantindo maior precisão e realismo nos modelos 3D gerados e que permitem aos estudantes a relação direta com as peças reais às quais estes têm acesso. Assim, é possível o acesso aos modelos 3D digitais de tais peças mesmo fora da instituição.

Em resumo, os resultados iniciais foram positivos. O feedback de alguns *stakeholders* aprovando a aplicação reforça a confiança na tecnologia utilizada. Os pontos de melhoria identificados fornecem diretrizes para futuras evoluções do sistema e os *insights* coletados destacam o potencial educacional da aplicação e demonstram um compromisso contínuo com a qualidade e adaptabilidade da ferramenta para o ensino de anatomia, embora, no futuro, seja necessário realizar testes de usabilidade com estudantes da área da saúde e com o público do Museu de Anatomia

Destaca-se um comentário realizado por um dos *stakeholders*: “É um projeto muito importante, pensando na democratização e no acesso ao conhecimento, pois facilita a compreensão de estruturas anatômicas complexas utilizando a tridimensionalidade unida aos conteúdos. Possui uma interface simples e intuitiva, porém, ainda são necessárias novas etapas de atualização pensando em acessibilidade. Seria interessante a possibilidade dos modelos 3D digitalizados fazerem parte de um acervo digital, pois poderiam ser impressos em impressoras 3D e auxiliar o entendimento da anatomia humana por parte de pessoas com deficiências visuais parciais e/ou totais”.

7. Conclusão

O desenvolvimento da aplicação gráfica e interativa, baseada em realidade aumentada, permite que os usuários visualizem as peças anatômicas no formato digital, podendo interagir com estas girando, ajustando o tamanho e explorando os detalhes de cada estrutura. Essas possibilidades podem auxiliar o processo de ensino-aprendizagem sobre conceitos da anatomia humana, servindo como uma forma de metodologia ativa. Mesmo quando os estudantes não se encontram na instituição, é possível estudar as peças anatômicas presentes tanto no laboratório de anatomia como no Museu de Anatomia da UFCSPA através do uso de dispositivos móveis.

Apesar dos desafios que surgiram ao longo do projeto, como a digitalização de modelos 3D de anatomia humana, conseguiu-se implementar o protótipo e alcançar os principais objetivos. A equipe de *stakeholders* se mostrou satisfeita com a funcionalidade e com a usabilidade implementadas na aplicação, além de ser leve para ser executada em dispositivos móveis sem grandes necessidades de processamento e memória RAM.

Como trabalhos futuros, existe a possibilidade da criação de um banco de dados digital para armazenamento dos modelos 3D digitais das peças do laboratório de anatomia e do Museu de Anatomia da UFCSPA, os quais estarão disponíveis para consulta e impressão 3D. Assim, professores e estudantes poderão acessar esses modelos.

Em colaboração com o Núcleo do Museu de Anatomia da UFCSPA, vislumbra-se o emprego da aplicação desenvolvida para a visualização das peças do Museu e do laboratório pelo público em geral. Essa iniciativa poderia contribuir para o engajamento dos visitantes, proporcionando uma experiência mais dinâmica e interativa. Destaca-se, ainda, a necessidade de enviar o projeto para o comitê de ética e pesquisa a fim de que se possa realizar testes de usabilidade da ferramenta tanto com estudantes e professores da área de anatomia da UFCSPA quanto com visitantes do Museu de Anatomia. Para avaliar a experiência dos usuários, o seguinte questionário, focado em usabilidade, interatividade, compreensão de conteúdo e satisfação geral, poderia ser aplicado:

Usabilidade

- *Como você classificaria a facilidade de uso da aplicação de realidade aumentada?*

Interatividade

- *O quão interativa você achou a aplicação de realidade aumentada?*

Compreensão de Conteúdo

- *Em que medida a aplicação de realidade aumentada ajudou na compreensão das estruturas anatômicas?*

Experiência Imersiva

- *Quão imersiva foi a experiência ao utilizar a aplicação de realidade aumentada para visualizar as peças anatômicas?*

Satisfação Geral

- *Qual é o seu nível de satisfação geral com a aplicação de realidade aumentada?*

Agradecimentos

Para a realização deste estudo, contamos com a colaboração de colegas e professores que atuam no laboratório de anatomia e no Museu de Anatomia da UFCSPA, os quais auxiliaram a autora no entendimento do processo de preparação das peças anatômicas. Além disso, o auxílio dos alunos bolsistas e técnicos do laboratório de anatomia bem como no laboratório de inovação da UFCSPA foram fundamentais no processo de escaneamento das peças 3D, auxiliando na retirada e realocação das peças nas caixas de acrílico do Museu de Anatomia, na realização dos testes com os scanners Creality Cloud e na preparação das peças com fios de nylon para tanto.

Referências:

- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S., & Kinshuk. (2014). Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications. *Educational Technology & Society*, 17(4), 133-149.
- Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and Challenges Associated with Augmented Reality for Education: A Systematic Review of the Literature. *Educational Research Review*, 20, 1-11.
- Chen, Y., Wang, Q., Chen, H., Song, X., Tang, H., & Tian, M. (2017). An Overview of Augmented Reality Technology. *Journal of Physics: Conference Series*, 123(4), 042-065.
- Moro, C., Štromberga, Z., Raikos, A., & Stirling, A. (2017). The Effectiveness of Virtual and Augmented Reality in Health Sciences and Medical Anatomy. *Anatomical Sciences Education*, 10(6), 549-559.
- Küçük, S., Kapakin, S., & Göktaş, Y. (2016). Learning Anatomy via Mobile Augmented Reality: Effects on Achievement and Cognitive Load. *Anatomical Sciences Education*, 9(5), 411-421.
- Radu, I. (2014). Augmented Reality in Education: A Meta-Review and Cross-Media Analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6), 1533-1543.
- Ibáñez, M. B., Di Serio, Á., Villarán, D., & Kloos, C. D. (2014). Experimenting with Electromagnetism using Augmented Reality: Impact on Flow Student Experience and Educational Effectiveness. *Computers & Education*, 71, 1-13.
- Dossiê: Políticas Públicas Educacionais e Interculturalidade: Desafios contemporâneos. Boa Vista/RR – outubro de 2023. Disponível em: <https://s.uerr.edu.br/f5b71b6a>. Acesso em: 11 nov. 2024. Pg. 19. DOI: <https://doi.org/10.24979/4wg9p792>
- Dunleavy M, Dede C, Mitchell R. Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. *Computers & Education*. 2013;62:138-46. DOI: 10.1016/j.compedu.2012.10.019.

Silva, R., Oliveira, J., & Souza, F. (2021). Desenvolvimento de Aplicações Educacionais com Realidade Aumentada: O Uso de Unity e Vuforia. *Revista Brasileira de Tecnologia Educacional*, 29(2), 45-58.

Makransky G, Terkildsen TS, Mayer RE. Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. *Learn Instr.* 2020;60:101300.

Dede, C. and Mitchell, R. (2009). Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. *Journal of Science Education and Technology*, 18:7–22.

Wei, C. Y., Kuah, Y. C., Ng, C. P., and Lau, W. K. (2021). Augmented Reality (AR) as an Enhancement Teaching Tool: Are Educators Ready for It? *Contemporary Educational Technology*, 13(3):ep303.

5. Considerações Finais

Este trabalho de conclusão de curso deu origem ao artigo que complementa este estudo. Assim a apresentação do método, resultados, discussão e conclusão estão presentes em tal artigo.

Referências

Almeida, L. (2020). Realidade Aumentada: como aplicá-la em benefício ao paciente.

Aridan, N., Bernstein-Eliav, M., Gamzo, D., Schmeidler, M., Tik, N., and Tavor, I. (2024). Neuroanatomy in virtual reality: Development and pedagogical evaluation of photogrammetry-based 3D brain models. *Anatomical Sciences Education*, 17(2):239–248.

Aureliano, F. E. B. S. and Queiroz, D. E. D. (2023). AS TECNOLOGIAS DIGITAIS COMO RECURSOS PEDAGÓGICOS NO ENSINO REMOTO: IMPLICAÇÕES NA FORMAÇÃO CONTINUADA E NAS PRÁTICAS DOCENTES. *Educação em Revista*, 39:e39080.

Daga, B., Gadadare, A., Gonçalves, Q., D’Britto, R., and Tuscano, S. (2023). Future of AR & VR in the Indian Education System. *International Journal of Computer Trends and Technology*, 71(5):15–25.

De Melo, E. (2023). Anatomia e Doação de Corpos.

Eizenberg, N. (2015). Anatomy and its impact on medicine: Will it continue? *The Australasian Medical Journal*, 8(12):373–377.

George, O., Foster, J., Xia, Z., and Jacobs, C. (2023). Augmented Reality in Medical Education: A Mixed Methods Feasibility Study. *Cureus*, 15(3):e36927. Publisher: Cureus, Inc

Ghanbaripour, A. N., Talebian, N., Miller, D., Tumpa, R. J., Zhang, W., Golmoradi, M., and Skitmore, M. (2024). A Systematic Review of the Impact of Emerging Technologies on Student Learning, Engagement, and Employability in Built Environment Education. *Buildings*, 14(9):2769

Han, H., Hurtubise, L., Plantegenest, G., Vitek, C., Patwari, R., and Foshee, C. (2020). Mobile Learning Literature Review in Medical Education. pages 41–77.

Iveta (2018). 20 Digital Tools for Classrooms for Innovative Teachers & Students.

Kandikonda, K. (2011). Using Virtual Reality and Augmented Reality to Teach Human Anatomy.

Kickhofel, E. H. P. (2003). A lição de anatomia de Andreas Vesalius e a ciência moderna. *Scientiae Studia*, 1(3):389–404

Korperwelten (2023). The History of Anatomy - from the beginnings to the 20th century.

Langa, G. M. Guimarães, A. F., Vargas, H. T., Porawski, M., and Gutierrez, L. L. P. (2020). Recursos educacionais digitais em Anatomia e Fisiologia Humanas em tempos de pandemia. *Revista Docência do Ensino Superior* , 10:1–22.

Lou, M. (2017). A Virtual Reality Teaching System for Graphic Design Course. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 12:117.

Maresky, H. S., Oikonomou, A., Ali, I., Ditzkofsky, N., Pakkal, M., and Ballyk, B. (2019). Virtual reality and cardiac anatomy: Exploring immersive three-dimensional cardiac imaging, a pilot study in undergraduate medical anatomy education. *Clinical Anatomy*, 32(2):238–243

Mealy, P. (2018). The History of Virtual and Augmented Reality.

Mileva, G. (2020). How Augmented Reality Is Used In Teaching Anatomy | ARPost. Section: AR Apps.

Nunes, F., Glória, M. T., e Monteiro, C. D. C. (2018). ENSINO DE ANATOMIA HUMANA ´ COM AUXÍLIO DA REALIDADE AUMENTADA.

Pinto, R. B. e Filho, A. N. (2015). Realidade aumentada e suas aplicações: com foco na educação. Publisher: Unpublished.

Reljic, V., Milenkovic (Ignjatovic), I., Dudic, S., Sulc, J., and Bajci, B. (2021). Augmented Reality Applications in Industry 4.0 Environment. *Applied Sciences*, 11:5592

Salbego, C., Oliveira, E. M. D. d., Silva, M. d. A. R. d., e Bugança, P. R. (2015). Percepções acadêmicas sobre o ensino e a aprendizagem em anatomia humana. *Revista Brasileira de Educação Médica* , 39:23–31.

Schardon, L. (2023). What is Unity? – A Guide for One of the Top Game Engines. Section: 2D.

Senum, D. (2021). Building AR apps with Unity3D and Vuforia — Jasoren.

Shenoy, V. (2023). Augmented Reality in Education & Training: Use Cases and Business Benefits.

Smith, C. and Mathias, H. (2011). What impact does anatomy education have on clinical practice?

Taha, M., Ibrahim, M., and Zayed, H. (2020). Digital Vein Mapping Using Augmented Reality. *International Journal of Intelligent Engineering and Systems*, 13(6):512–521.

Tene, T., Marcatoma Tixi, J. A., Palacios Robalino, M. D. L., Mendoza Salazar, M. J., 19 Vacacela Gomez, C., and Bellucci, S. (2024). Integrating immersive technologies with STEM education: a systematic review. *Frontiers in Education*, 9:1410163.

Tokio, R. (2023). Vuforia Unity: experience Augmented Reality.

Unity (2023). Unity's AR Foundation Framework | Cross platform augmented reality

uptime (2017). Realidade aumentada na educação: como é aplicada? ´

Wieland, D. A., Ivens, B. S., Kutschma, E., and Rauschnabel, P. A. (2024). Augmented and virtual reality in managing B2B customer experiences. *Industrial Marketing Management*, 119:193–205.

Zargarán, A., Turki, M. A., Bhaskar, J., Spiers, H. V. M., and Zargarán, D. (2020). The role of technology in anatomy teaching: striking the right balance. *Advances in medical education and practice*, pages 259–266.

Zhao, J., Xu, X., Jiang, H., and Ding, Y. (2020). The effectiveness of virtual reality-based technology on anatomy teaching: a meta-analysis of randomized controlled studies. *BMC Medical Education*, 20(1):127.