

Locomotomic: aplicativo de anatomia humana para o ensino através da realidade virtual

Locomotomic: Human anatomy app for teaching through virtual reality.

Kauane Lysien Costa Ferreira

Andrea Teresa Riccio Barbosa

Resumo: Esta pesquisa apresenta o trabalho de desenvolvimento de um aplicativo de Realidade Virtual (RV) voltado à educação em anatomia humana chamado *Locomotomic*. Entende-se que a necessidade de inovar no campo da educação é uma questão urgente. Nesse sentido, o desenvolvimento de tecnologias que proporcionem novos meios de aprendizado se torna cada vez mais relevante, especialmente em situações em que o ensino prático presencial se mostra inviável. A solução proposta consiste na criação de um laboratório virtual de anatomia humana de baixo custo, que permita simular a experiência de aulas práticas. Para alcançar esse objetivo, foram conduzidas pesquisas para identificar as características desejáveis em um laboratório virtual de anatomia na área da saúde. Além disso, utilizou-se uma abordagem descritiva para estabelecer o conteúdo adequado a ser abordado no laboratório virtual, focado no aparelho locomotor humano. A implementação do laboratório virtual foi realizada com base na linguagem de programação *JavaScript* e na plataforma *Kodular*. Os resultados demonstram que a implantação de um laboratório de RV não imersivo para o ensino de anatomia pode gerar economias significativas em infraestrutura em universidades públicas. Além disso, o aplicativo desenvolvido contribuirá para democratizar o acesso à informação, tornando o trabalho mais acessível a um maior número de usuários. Adicionalmente, haverá benefícios na redução dos custos associados à aquisição de cadáveres para laboratórios e à manutenção de instalações físicas em instituições públicas de ensino. No âmbito social, essa pesquisa proporcionará um impacto positivo, democratizando o acesso ao conhecimento e facilitando o trabalho de estudantes da área da saúde. Além disso, os estudantes terão a oportunidade de explorar as vantagens e potencialidades da RV no ensino, enriquecendo significativamente o processo de aprendizado. Dessa forma, o trabalho contribuirá para avanços no campo de informática aplicados à educação, oferecendo uma alternativa eficiente e acessível para o ensino de anatomia humana.

Palavras-chave: Realidade virtual, Anatomia humana, Laboratório virtual, Aparelho locomotor.

Abstract: This research presents the development of a Virtual Reality (VR) application focused on education in human anatomy called *Locomotomic*. Indeed, it is understood that the need for innovation in the field of education is an urgent matter. In this sense, the development of technologies that provide new means of learning becomes increasingly relevant, especially in situations where in-person practical teaching is impractical. The proposed solution consists of creating a low-cost virtual human anatomy laboratory that allows simulating the experience of practical classes. To achieve this goal, research was conducted to identify desirable characteristics in a virtual anatomy laboratory in the healthcare field. Additionally, a descriptive approach

was used to establish the appropriate content to be addressed in the virtual laboratory, focused on the human locomotor system. The implementation of the virtual laboratory was carried out based on the JavaScript programming language and the Kodular platform. The results demonstrate that the implementation of a VR laboratory for anatomy education can generate significant savings in infrastructure costs in public universities. Furthermore, the developed application will contribute to democratizing access to information, making practical work more accessible to a greater number of users. Additionally, there will be benefits in reducing the costs associated with acquiring cadavers for practical laboratories and maintaining physical facilities in public educational institutions. In the scientific realm, this research will have a positive impact by democratizing access to knowledge and facilitating practical work for students in the healthcare field. Moreover, students will have the opportunity to explore the advantages and potential of VR in education, significantly enriching the practical learning process. Therefore, this work will contribute to advances in the field of Information Systems (IS) applied to education, offering an efficient and affordable alternative for human anatomy education.

Keywords: Virtual Reality, Human Anatomy, Virtual Lab, Locomotor System.

1 Introdução

A inovação na educação é uma questão global crucial, acentuada no contexto de uma pandemia. Hoje, o foco está em garantir que a informação seja disseminada para o maior número possível de pessoas, no menor tempo possível, enquanto elimina barreiras como distância e tempo. A demanda para criar, dominar e inovar com ferramentas e instrumentos tecnológicos que auxiliem no processo de treinamento prático, principalmente para profissionais de saúde, é alimentada pela necessidade humana de estar sempre atualizado e de gerar e disseminar novas informações (PELARGOS *et al.*; 2017).

Ainda que a globalização tenha permitido um maior acesso à informação, emergiu uma demanda por novos métodos de aprendizado, gerando preocupações globais, notadamente em Instituições de Ensino Superior (IES). O que se busca predominantemente é romper barreiras e limitações que possam separar a informação e a comunicação entre professores e alunos. Respondendo a esta necessidade, a Realidade Virtual (RV) tem se destacado, oferecendo soluções rápidas para o ensino prático em laboratórios de saúde.

Em termos do ensino de anatomia humana, o estudo de cadáveres tem sido a base do conhecimento desde os tempos de Hipócrates. No entanto, a qualidade visual dos cadáveres ou de partes anatômicas nem sempre é garantida, e isso impacta o desenvolvimento de aulas. Para resolver isso, implementaram-se modelos didáticos, como *softwares*, vídeos, atlas e modelos sintéticos, para substituir cadáveres, constituindo métodos eficazes no processo de ensino-aprendizagem (TESTUT, 2017).

A integração da Realidade Virtual na educação de anatomia humana representa um avanço significativo, permitindo aos alunos explorar estruturas anatômicas tridimensionais de maneira imersiva e interativa. Essa tecnologia oferece uma abordagem inovadora para superar as limitações do estudo tradicional, proporcionando uma experiência visual e prática única que enriquece o aprendizado e a compreensão da anatomia (PELARGOS *et al.*; 2017). A RV pode ser usada para treinar estudantes de saúde em cenários clínicos complexos,

permitindo que eles tomem decisões críticas e escolham procedimentos em um ambiente controlado antes de interagir com pacientes reais (POTTLE, 2019).

No desenvolvimento da pesquisa apresentada neste artigo identificou-se a necessidade de se desenvolver tecnologia mais adequada para dar suporte ao ensino prático em disciplinas na área da saúde, especialmente em ambientes onde as aulas presenciais são difíceis de serem realizadas, como no caso de uma pandemia. Neste contexto, a motivação surge em criar um "laboratório virtual de anatomia humana" de baixo custo, que permita aos alunos ter auxílio nas aulas práticas.

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um aplicativo voltado para a prática de anatomia do sistema locomotor humano. Para alcançar esse propósito, foram definidos objetivos específicos que consistem em mapear as características necessárias de um laboratório virtual de anatomia humana nos cursos da área de saúde, modelar o aplicativo do sistema de locomoção humana a ser utilizado no desenvolvimento do laboratório virtual e criar um laboratório virtual para a disciplina de anatomia humana.

Esses objetivos específicos visam garantir que o aplicativo de RV seja adequado para o ensino prático de anatomia humana, atendendo às necessidades dos estudantes e profissionais da área de saúde. O mapeamento das características essenciais permitirá identificar as funcionalidades-chave necessárias para uma experiência educacional eficaz. Em seguida, a modelagem do aplicativo do sistema de locomoção humana garantirá que a representação anatômica seja precisa e detalhada, contribuindo para um aprendizado mais completo e preciso. A etapa de projetar um protótipo do laboratório virtual permitirá ajustes e melhorias antes de sua implementação completa. Com a conclusão desses objetivos, espera-se oferecer uma ferramenta eficaz para o ensino e prática de anatomia do sistema locomotor humano, auxiliando estudantes e profissionais da área de saúde em seu aprendizado e aprimoramento.

Os impactos positivos que esta pesquisa proporciona são inúmeros. O mais significativo encontra-se na área educacional, onde o discente da área da saúde poderá perceber vantagens e potencialidades que o uso do laboratório virtual no ensino de anatomia pode oferecer no processo de aprendizado prático. E, também, será uma ferramenta que poderá auxiliar no ensino não presencial em casos de calamidade pública, como o da pandemia da COVID-19.

Como contribuição social do trabalho pode-se afirmar que tornará eficiente a disseminação de conhecimentos científicos e tecnológicos, por meio das experiências que serão oferecidas ao usuário. O uso do laboratório virtual pode facilitar o processo educacional ao permitir a disseminação de conteúdos em maior escala.

Com relação a contribuição científica, o aplicativo desenvolvido poderá tornar a informação de qualidade acessível a um maior número de usuários, facilitando a elaboração de apresentações, conferências, exposições e a realização de trabalhos práticos em sala de aula. A proposta é oferecer informações da aula prática do sistema locomotor em ambiente virtual aos alunos, e instituições acadêmicas, com menos aportes de recursos financeiros. O aplicativo *Locomotomic* poderá simplificar o processo ensino-aprendizagem, aproximando o conteúdo acadêmico aos usuários, a fim de despertar o seu interesse, principalmente em atividades de caráter prático.

No que diz respeito a contribuição financeira, percebe-se que poderá acarretar a diminuição dos gastos com a compra de cadáveres para laboratórios de prática e com redução de instalações físicas em instituições de ensino públicas, que sofrem constantes cortes de verbas, muitas vezes, impossibilitando o desempenho de suas atividades com excelência. Esta pesquisa poderá, portanto, contribuir para a redução de custos, diminuindo a necessidade de investimento em laboratórios de saúde pelas instituições de ensino, substituindo-o pelo uso de laboratórios virtuais.

Com relação as demais contribuições, pode-se fazer referência ao local de desenvolvimento e aplicação do trabalho, uma vez que há poucas pesquisas sobre o assunto e as informações obtidas serão úteis para disseminar novas pesquisas. Não apenas no laboratório de anatomia da Instituição de Ensino Superior (IES), mas possivelmente nas proximidades, visto que a produção local é que motiva a investigação ou meta-análise a nível nacional ou internacional. Da mesma forma, as propostas e recomendações fornecidas serão úteis para se aplicar adequadamente nos laboratórios de anatomia das demais universidades.

2 Trabalhos Relacionados

Realizou-se uma consulta de trabalhos relacionados durante o período de março a junho de 2021, e a data de publicação dos artigos analisados não foi fixada. Optou-se por artigos das bases de dados do Portal de Periódicos da Capes, tais como Elsevier, Springer, Ebsco, IEEE, entre outros.

Encontrou-se 20 artigos relacionados ao tema e selecionou-se, após uma primeira análise, 11 trabalhos para uma leitura mais detalhada. Delimitou-se a busca por bases de dados de periódicos selecionando-se as seguintes: *Scopus (Elsevier)*, *Web of Science*, *Gale*, *Directory of Open Access Journals (DOAJ)*, *Springer*, *Science Direct*, *Wiley Online Library* e *Taylor & Francis Online*.

O desenvolvimento de aplicativos de anatomia humana tem sido um campo de pesquisa e desenvolvimento em crescimento constante, proporcionando inúmeras oportunidades para melhorar o ensino, a aprendizagem e a prática na área da saúde. Para realizar uma revisão abrangente e significativa da literatura nesse domínio, foi imperativo estabelecer critérios rigorosos de inclusão e exclusão.

Critérios de Inclusão:

1. Relevância Temática: O primeiro critério de inclusão fundamental é a relevância temática. Os artigos selecionados estavam diretamente relacionados ao desenvolvimento de aplicativos de anatomia humana. Isso garantiu que todos os estudos incluídos estavam alinhados com o objetivo central da revisão;

2. Tipo de Estudo: Diversos tipos de estudos podem fornecer informações valiosas sobre o desenvolvimento de aplicativos de anatomia humana. Portanto, foram considerados estudos empíricos, revisões sistemáticas, estudos de caso, artigos de revisão e outras formas de pesquisa relevante;

3. Idioma: Para garantir a viabilidade da análise, foram pesquisados apenas materiais com o idioma em inglês, dada sua ampla aceitação como língua franca na comunidade científica;

4. Fontes Credíveis: Os artigos provenientes de fontes credíveis, como revistas científicas revisadas por pares e publicações de instituições de pesquisa respeitadas foram priorizados.

Critérios de Exclusão:

1. Irrelevância Temática: Artigos que não se relacionam diretamente com o desenvolvimento de aplicativos de anatomia humana foram excluídos;

2. Qualidade e Credibilidade: Foram excluídos artigos de fontes não confiáveis, como *websites* não acadêmicos, *blogs* não verificados ou fontes não revisadas por pares;

3. Idioma: Artigos em idiomas diferentes do inglês foram excluídos devido à limitação de recursos para tradução;

4. Tipo de Documento: Materiais que não se encaixaram nos tipos de estudo relevantes, como artigos de opinião ou relatórios técnicos não científicos foram excluídos;

5. Texto Incompleto: Se o texto completo de um artigo não estava disponível, o artigo foi excluído da revisão;

6. Repetições: Múltiplos artigos que essencialmente relatam o mesmo estudo foram excluídos, priorizando o mais relevante ou completo.

A definição de critérios de inclusão e exclusão na revisão da literatura realizada sobre desenvolvimento de aplicativos de anatomia humana foi essencial para garantir que a pesquisa fosse precisa, confiável e orientada para os objetivos estabelecidos. A aplicação consistente desses critérios ajudou a manter a integridade da revisão e assegurou que os estudos selecionados pudessem contribuir neste campo de conhecimento, que está em constante evolução. Além disso, a transparência nos critérios de seleção da documentação é fundamental para a replicabilidade e a validade da pesquisa.

As palavras-chaves utilizadas nessas pesquisas foram:

- *Virtual reality*;
- *Virtual lab*;
- *Laboratory practices*;
- *Laboratories of teaching centers*;
- *Virtual reality in teaching anatomy*;
- *Implementation of a virtual laboratory*.

Os trabalhos selecionados serão brevemente descritos a seguir.

Bacarea *et al.* (2019) publicaram um artigo sobre o desenvolvimento de um laboratório virtual 3D para dissecação anatômica na *University of Medicine, Pharmacy, Science and*

Technology Târgu Mureş. Os autores afirmam que, desde 2013, construíram um Laboratório de Dissecção Virtual 3D, no Departamento de Anatomia Humana da Universidade. O laboratório inclui *hardware* e *software* de código aberto / gratuito: uma mesa de dissecção virtual 2D avançada, baseada em multitoque (mais de 50 pontos de toque) e uma matriz de exibição 3D, usando óculos 3D passivos. E que, ainda hoje, este laboratório é um dos mais avançados laboratórios de dissecção virtual 3D do mundo. Entretanto, é apenas um dos laboratórios virtuais na Universidade, que segundo afirmam é claramente insuficiente para as necessidades dos milhares de alunos. Por esses motivos, o próximo objetivo foi desenvolver um laboratório de dissecção virtual para ser usado em *smartphones* (*Android* e/ou *IOS*), estando, portanto, disponível para todos os alunos que possuem esse tipo de dispositivo móvel.

No artigo de *Guerrero et al.* (2008) apresenta-se o *design* e construção de um protótipo de baixo custo de um sistema de imersão virtual de duas telas. Foram construídos três protótipos, um de mesa e dois em tamanho real, nos quais foram realizados diversos testes com animações criadas em *softwares* de modelagem e animação 3D. O sistema apresentado na pesquisa foi implementado em uma estação de trabalho *DELL Precision 630* equipada com uma placa de vídeo *NVIDIA QUADRO4 580 XG*. Para o *software* de modelagem e animação 3D (*3D AutoDesk Maya 7.0*), duas câmeras (volumes de visualização) foram criadas de acordo com o volume de visualização imersiva. Um conjunto de animações 3D foi criado com objetos que entravam e saíam de cada um dos volumes de visualização. Para cada uma das animações, um processo de renderização independente foi realizado para cada câmera. Concluiu-se que o volume de visualização imersiva projetado foi validado com a apresentação de quatro animações, onde a coerência visual entre os dois volumes de visualização 3D complementares e a fluidez das animações foram avaliadas positivamente; logo a arquitetura proposta foi adequada para a projeção de cenas imersivas.

Em seu trabalho *Kharki et al.* (2021) apresentaram o uso da simulação computacional combinada com a linguagem de programação *JavaScript* para o desenvolvimento de um laboratório virtual de baixo custo, integrado a um ambiente interativo de aprendizagem baseado na plataforma *Moodle*. O *Easy JavaScript Simulations* (EJSS) foi usado para criar e desenvolver laboratórios virtuais para o ensino de ciências. Mas, ainda foi necessário criar uma interface gráfica de usuário interativa, para desenvolver aspectos tecnopedagógicos inovadores, permitindo aos alunos um novo paradigma de trabalho prático de aprendizagem. O ambiente virtual de aprendizagem proposto foi avaliado por professores e alunos das faculdades de ciências. Os resultados obtidos, juntamente com achados semelhantes de outros estudos, indicam o impacto positivo da utilização de um laboratório virtual nos resultados de aprendizagem e apoiam a adoção do ambiente proposto em procedimentos educacionais laboratoriais como alternativa aos laboratórios físicos.

No artigo de *Cárdenas et al.* (2015) descreve-se o projeto e o desenvolvimento de uma ferramenta computacional para o laboratório de química, especificamente o processo de destilação. Esta ferramenta pedagógica foi projetada para permitir aos alunos simularem um processo padrão de destilação química e manipulá-los de uma maneira que se assemelha a um laboratório real. No laboratório, eles encontraram muitos elementos de destilação, que permitiu a montagem do processo. É uma ferramenta interessante para o ensino de química. Dada a variedade de programas utilizados para modelagem, texturização e animação em 3D,

conduziu-se uma investigação para determinar o *software* de *design* de destilação de laboratório virtual mais adequado. Obtendo-se aquele mais pertinente às necessidades que foi o Blender, um programa de modelagem 3D suportado por diversas ferramentas e plataformas (rodando em *Windows XP, Vista 32 e 64 bits, Linux 32 e 64 bits, MacOS, Solaris, entre outros*) que foi criado pela empresa *Not a Number* (NaN). É destinado a artistas e profissionais de *design* e multimídia, e pode ser usado para criar visualizações 3D ou vídeos estáticos de alta qualidade. Também incorpora um motor 3D em tempo real que permite a criação de conteúdo tridimensional interativo que pode ser reproduzido de forma independente.

Heather *et al.* (2019) fizeram uma avaliação sobre a aplicação da RV no processo de ensino da disciplina de anatomia e afirmaram que existe uma demanda por ferramentas novas e eficientes para o ensino das ciências anatômicas. O rápido desenvolvimento da RV significa que o uso educacional da tecnologia está se tornando cada vez mais viável. Ainda segundo Heather *et al.* (2019), no entanto, a absorção dessa tecnologia no ensino de anatomia ainda é limitada. Os autores buscaram examinar a eficácia da RV no ensino de anatomia. Os estudos dos autores citados indicam que RV são recursos eficazes para o ensino de anatomia em termos de desempenho acadêmico e satisfação do aluno, apoiando o uso de RV como suplementos aos métodos de ensino atuais.

Abdullah *et al.* (2018) observam que a educação em RV é uma interface de computador com características específicas, que transforma uma experiência imersiva e interativa em uma evolução educacional. Esses autores examinaram diferentes abordagens para estudar a emergência da aplicação da RV no ensino e aprendizagem em sala de aula. Eles aplicaram um questionário piloto a um grupo de 45 indivíduos. Um grupo foi preparado para preencher o questionário antes do engajamento da RV e completaram o questionário pós-teste, após experimentar a RV. A análise de evidências empíricas comprovou que a RV apresenta uma oportunidade de aprendizagem com uma situação real, mas criada artificialmente, possibilitando a visualização e o sentido de interação com o estudo. Contribuíram para a evolução das teorias sobre as implicações das tecnologias emergentes na maneira como os alunos aprendem e como as instituições ensinam e evoluem.

Considerando o estudo de Zhao *et al.* (2020) a RV é uma inovação que permite ao indivíduo descobrir e operar dentro de um ambiente tridimensional (3D) para obter compreensão prática. Esta pesquisa examinou a eficiência geral da RV no ensino de anatomia médica. Eles executaram uma meta-análise de estudos randomizados controlados do desempenho da educação em anatomia em RV. E selecionaram cinco bancos de dados dos anos de 1990 a 2019. No final, 15 ensaios clínicos randomizados com uma análise de medida de resultado de ensino foram incluídos. Dois autores escolheram estudos separadamente, extraíram informações e examinaram o risco de viés. Os resultados primários foram as notas dos exames dos alunos. Os resultados secundários foram os graus de satisfação dos alunos. Modelos de efeitos aleatórios foram usados para as avaliações agrupadas de pontuações e graus de satisfação. A Diferença Média Padronizada (DMP) foi aplicada para avaliar os resultados sistemáticos. A heterogeneidade foi determinada pela estatística I² e, em seguida, foi investigada por meta-regressão e análises de subgrupos.

Fairén *et al.* (2017) realizaram um experimento desenvolvido para dar aos alunos uma sessão específica de RV onde eles podem inspecionar e avaliar diretamente modelos 3D de vários órgãos humanos usando sistemas de RV. Permitindo que os alunos vissem os modelos diretamente em 3D e interagissem com eles como se fossem reais. O experimento envolveu 254 alunos do Curso de Graduação em Enfermagem, matriculados na disciplina de Anatomia e Fisiologia Humana durante 2 anos (2 cursos consecutivos), e incluíram 10 modelos 3D representando diferentes estruturas anatômicas que foram aprimoradas com metadados para auxiliar na compreensão da estrutura. Para avaliar a satisfação dos alunos frente a uma nova metodologia de ensino utilizando técnicas de RV, os alunos preencheram um questionário com duas categorias, a primeira medindo se a sessão de ensino de RV facilita ou não o entendimento das estruturas e a segunda medindo a satisfação do aluno com esta sessão de RV.

Alfalah *et al.* (2019) realizaram um estudo comparativo entre um sistema de anatomia cardíaca de RV e modalidades tradicionais de ensino médico. O objetivo desta pesquisa foi analisar uso da RV como ferramenta de treinamento médico como forma de oferecer meios adicionais para ensinar os alunos e melhorar a qualidade das habilidades médicas. Um novo sistema foi desenvolvido para atender aos requisitos da educação médica moderna e superar os desafios enfrentados por alunos e professores no processo de transferência de conhecimento. Um modelo tridimensional de coração apresentado em um ambiente de RV foi implementado a fim de facilitar uma nova modalidade educacional. O estudo foi realizado na Faculdade de Medicina da Universidade da Jordânia. Os participantes foram solicitados a realizar testes do sistema e experimentá-lo navegando pelas interfaces do sistema, além de serem expostos ao modelo físico tradicional do coração humano que é usado na faculdade durante as sessões práticas de anatomia. Posteriormente, eles foram solicitados a fornecer *feedback* por meio de um questionário comparativo.

Na pesquisa de Wang (2018) afirma-se que o rápido desenvolvimento do computador e da rede promoveu o surgimento e o desenvolvimento de novos métodos e meios de ensino. Este trabalho teve como objetivo de pesquisa o ensino de experimento virtual a distância por computador, por meio de métodos de investigação, sumarização e análise de casos, baseando-se na análise do ensino a distância por computador, tecnologia de RV, ensino de experimento virtual e outras teorias tecnológicas relacionadas.

Na pesquisa de Sattar *et al.* (2019) exploram-se os efeitos das metodologias de aprendizagem de texto, vídeo e tecnologias de RV imersivas para a aprendizagem em faculdades e universidades médicas públicas e privadas do Paquistão. Nesta pesquisa quantitativa participaram 87 estudantes de medicina do 4º ano de três faculdades e universidades públicas e cinco privadas. Uma operação de laparoscopia foi selecionada em consulta com consultores médicos seniores para este experimento. O material experimental foi organizado em RV, com aprendizagem baseada em vídeo e texto. Na conclusão de cada um deles, os participantes responderam a um questionário sobre motivação de aprendizagem e competência de aprendizagem através dos diferentes meios. Como resultados o teste t estatístico foi selecionado para a análise do estudo. Comparando os valores médios de RV, vídeo e metodologias de aprendizagem baseadas em textos acadêmicos médicos; a resposta encontrada foi que a RV está acima dos outros.

A partir do que foi exposto apresenta-se a Quadro 1 resumindo os pontos abordados dos artigos analisados e suas contribuições para o trabalho.

Quadro 1- Resumo dos trabalhos relacionados

Autores	Análise sucinta dos trabalhos selecionados	Contribuições para este trabalho desenvolvido
Bacarea <i>et al.</i> (2019)	Desenvolveram um laboratório virtual 3D para dissecação anatômica na <i>University of Medicine, Pharmacy, Science and Technology Târgu Mureș</i>	Apresentaram o processo de desenvolvimento de um laboratório utilizando a realidade virtual imersiva para o ensino de anatomia.
Guerrero <i>et al.</i> (2008)	Apresentaram o <i>design</i> e construção de um protótipo de baixo custo de um sistema de imersão virtual de duas telas.	Mostraram como construir um laboratório virtual de baixo custo que é a proposta do trabalho, devido a recursos escassos.
Kharki <i>et al.</i> (2021)	Afirmaram que a experimentação em laboratório tem um papel vital na educação científica. Apresentaram o uso da simulação computacional combinada com a linguagem de programação JavaScript para o desenvolvimento de um laboratório virtual de baixo custo integrado a um ambiente interativo de aprendizagem baseado na plataforma <i>Moodle</i> .	Integraram o laboratório virtual a plataforma <i>Moodle</i> e também mostraram como desenvolver simulações com a linguagem <i>JavaScript</i> de forma econômica.
Cárdenas <i>et al.</i> (2015)	Descreveram o projeto e o desenvolvimento de uma ferramenta computacional para o laboratório de química, especificamente o processo de destilação.	Mostraram como estruturar e implementar na prática um projeto de desenvolvimento de um laboratório virtual.
Heather <i>et al.</i> (2019)	Fizeram uma avaliação sobre a aplicação da RV no processo de ensino da disciplina de anatomia e afirmaram que existe uma demanda por ferramentas novas e eficientes para o ensino das ciências anatômicas.	Base teórica sobre a utilização da realidade virtual no ensino de anatomia.
Abdullah <i>et al.</i>	Observaram que a educação	Apresentaram dados sobre a utilização

(2018)	em RV é uma interface de computador com características específicas, que transforma uma experiência imersiva e interativa em uma evolução educacional. Os autores examinaram diferentes abordagens para estudar a emergência da aplicação da RV no ensino e aprendizagem em sala de aula.	de laboratórios virtuais em sala de aula. E a otimização do ensino com a utilização dessas ferramentas tecnológicas.
Zhao <i>et al.</i> (2020)	Esta pesquisa examinou a eficiência geral da RV no ensino de anatomia médica. Eles executaram uma meta-análise de estudos randomizados controlados do desempenho da educação em anatomia em RV.	Mensurar a eficiência do ensino de anatomia utilizando a RV como ferramenta educativa.
Fairén <i>et al.</i> (2017)	Realizaram um experimento desenvolvido para dar aos alunos uma sessão específica de RV onde eles podem inspecionar e avaliar diretamente modelos 3D de vários órgãos humanos usando sistemas de RV. Não desenvolveram o sistema.	Apresentar a utilização de um laboratório virtual na análise 3D de órgãos humanos fazendo um paralelo com o ensino presencial, em que o discente avalia e inspeciona diretamente a peça anatômica.
Alfalah <i>et al.</i> (2019)	Realizaram um estudo comparativo entre um sistema de anatomia cardíaca de RV e modalidades tradicionais de ensino médico. Não desenvolveram o sistema.	Comparar os pontos positivos e negativos da utilização da Realidade Virtual no ensino médico com a modalidade tradicional presencial.
Wang (2018)	Este trabalho teve como objetivo de pesquisa o ensino de experimento virtual a distância por computador, por meio de métodos de investigação, sumarização e análise de casos, baseando-se na análise do ensino a distância por computador, tecnologia de RV, ensino de experimento virtual e outras teorias tecnológicas relacionadas.	Utilização das ferramentas de RV no ensino a distância.

Sattar <i>et al.</i> (2019)	Exploraram os efeitos das metodologias de aprendizagem de texto, vídeo e tecnologias de RV imersivas para a aprendizagem dos participantes em faculdades e universidades médicas públicas e privadas do Paquistão.	Mensurar a efetividade do processo de aprendizagem de alunos universitários da área da saúde com a utilização das ferramentas de RV.
-----------------------------	--	--

Fonte: Elaborado pelas autoras (2022)

3 Metodologia

Este trabalho, como mencionado, teve como objetivo a criação de um aplicativo computadorizado para implementar um laboratório virtual de anatomia humana, para complementar as aulas à distância, de cursos de ensino universitário. Também pode ser utilizado por profissionais ligados à área da saúde, para o exercício de atividades de formação continuada. A metodologia deste estudo está direcionada para o desenvolvimento do aplicativo, o teste realizado tem caráter apenas de análise preliminar.

Os procedimentos metodológicos da investigação científica foi delimitada com base em Jesus-Lopes *et al.* (2022), e dessa forma, foi possível identificar as ciências da saúde como área de conhecimento, com foco em tecnologias computacionais aplicadas à área de saúde. Essa abordagem tem uma perspectiva epistemológica interdisciplinar, o que a torna aplicável em diversas disciplinas na área da saúde. Quanto à natureza da pesquisa, foram empregados métodos qualitativos. A finalidade da pesquisa é caracterizada como aplicada, com o objetivo de buscar soluções práticas para problemas concretos relacionados ao tema em questão. Os objetivos da pesquisa têm um caráter exploratório, com o propósito de preencher lacunas frequentemente encontradas em estudos práticos. A intenção é avançar na compreensão e aplicação das tecnologias computacionais no contexto da anatomia humana. Os dados secundários foram obtidos através da leitura de bibliografias adotadas na disciplina de anatomia humana e da consulta de artigos científicos disponíveis nas bases de dados do portal de periódicos da Capes. Quanto aos procedimentos de levantamento e coleta de dados primários, foram realizados levantamentos bibliográficos e documentais *in loco*. Isso incluiu a análise das normas de conduta em laboratórios de anatomia humana, bem como a revisão sistemática de artigos científicos. Os instrumentos de coleta de dados utilizados foram a observação não participante, em que o pesquisador se matriculou na disciplina de anatomia humana e participou ativamente das atividades e avaliações, e a coleta de dados propriamente dita.

Dessa forma, a pesquisa combina dados secundários e primários coletados de diferentes fontes para contribuir significativamente no estudo das tecnologias computacionais aplicadas à anatomia humana e suas aplicações práticas na área da saúde.

O desenvolvimento do laboratório virtual de simulação foi realizado seguindo etapas, conforme segue detalhado:

- definir características necessárias para a aplicação de um laboratório virtual de anatomia humana nos cursos da área de saúde: a partir de uma análise *in loco*,

foi realizado o levantamento das características de um laboratório de anatomia humana, verificados os equipamentos necessários e os de proteção individual que devam ser considerados obrigatórios para práticas laboratoriais dos discentes em uma universidade;

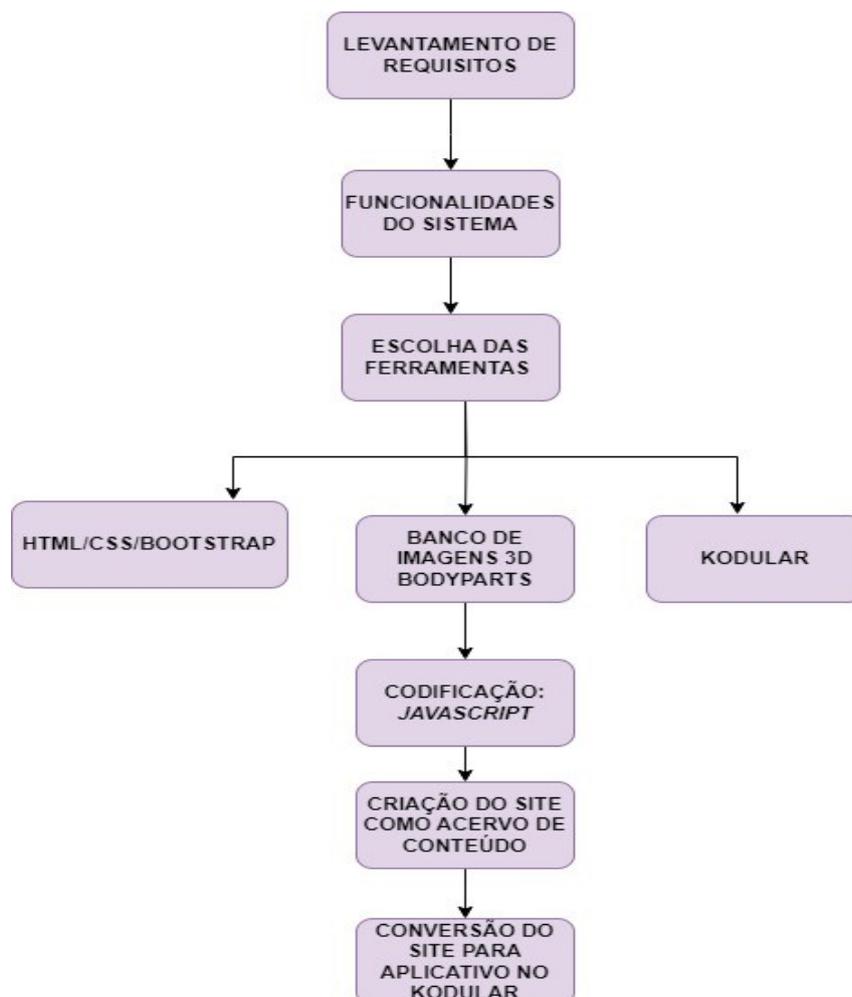
- definir as tecnologias a serem utilizadas na implementação do aplicativo do laboratório virtual: para o desenvolvimento do trabalho foram utilizados a plataforma Kodular e a linguagem de programação *JavaScript* na implementação dos *Scripts* e no desenvolvimento do aplicativo. A implementação do trabalho foi feita em um computador Dell com processador Intel® Core™ i3 (3,1GHz, 4MB cache) e 4 GB de RAM e sistema operacional Windows 10 Home 64 bits.
- definir o conteúdo para um laboratório virtual de anatomia humana do sistema locomotor (ossos): realizada a partir da análise inicial de um laboratório de anatomia humana, e também, da bibliografia da disciplina, foi realizado o delineamento das peças anatômicas necessárias para uma prática de anatomia do sistema locomotor. Isto requer mapear, os ossos, que desempenhem papel crucial na locomoção humana, a nomenclatura que deve ser de conhecimento do discente na prática funcional, e também, a definição da dinâmica de identificação das peças por parte dos alunos no laboratório, visando refletir as práticas reais em ambiente virtual. Esse conteúdo foi selecionado com base no livro de referência da disciplina de anatomia humana da área da saúde: Atlas de anatomia humana (Sobotta, 2000).;
- desenvolver o aplicativo: implementação do aplicativo na plataforma Kodular com sua integração ao *site* . A extração das imagens 3D foram realizadas com acesso a um banco de dados chamado *BodyParts3D* que possui licença *Creative Commons*, que possibilita a isenção de responsabilidade com o uso das imagens;
- realizar testes de avaliação no aplicativo: ao finalizar o desenvolvimento do laboratório foram realizados testes de avaliação para analisar se o aplicativo estava processando todas as funcionalidades necessárias para a prática do laboratório de anatomia humana do sistema locomotor. Os testes com o laboratório virtual foram realizados em diferentes dispositivos móveis (*Smartphones*), que possuem o sistema operacional *Android*, com a avaliação do aplicativo através de um questionário. Nesta avaliação foi aplicado um questionário implementado por Naves (2013), que também desenvolveu e avaliou um aplicativo de anatomia veterinária. Optou-se por utilizar o mesmo questionário já desenvolvido porque na condução de uma pesquisa, a construção de um questionário é uma etapa longa que deve ser executada com muita cautela e validada através de vários testes.

3.1 Descrição das implementações do laboratório virtual

Nesta seção descreve-se o que foi implementado para o laboratório virtual e as funcionalidades necessárias para a aprendizagem do sistema locomotor humano.

Primeiro, foi feito o levantamento do conteúdo a ser implementado, sendo esse a referência para a seleção das peças do sistema locomotor. Depois, iniciou-se o desenvolvimento do *back-end* do laboratório virtual na linguagem *JavaScript* com a implementação das peças anatômicas do sistema locomotor e suas respectivas nomenclaturas, a partir do desenvolvimento de um *site*, que foram implementadas em partes separadas: cabeça, tronco, membros inferiores e membros superiores. Na Figura 1 há a representação dos processos descritos. Conforme o fluxograma da Figura 1, inicialmente se faz o levantamento de requisitos para possibilitar que as funcionalidades do sistema sejam definidas, com estas informações foi possível escolher as ferramentas de desenvolvimento adequadas. Nesta escolha, definiu-se utilizar o bootstrap que é o *framework* que foi utilizado para a criação do *front end* do *site* (parte visual) onde são inseridas as imagens e as nomenclaturas que são apresentadas visualmente no aplicativo, geradas em linguagem HTML/CSS e para o desenvolvimento do *back end* utilizou-se a linguagem *JavaScript*. Como a proposta é apresentar o aplicativo em dispositivo *mobile*, utiliza-se o *framework* *Kodular*, que com a funcionalidade do *WebView* obtém a codificação do *site* e o converte para apresentação no formato *mobile*.

Figura 1 - Fluxograma do processo de desenvolvimento do aplicativo.



Fonte: Elaborado pelas autoras (2022)

4 Resultados

Nesta seção será apresentado o desenvolvimento do aplicativo e a avaliação realizada pelos usuários.

4.1 Modelagem do aplicativo

Para garantir o desenvolvimento adequado do aplicativo foram definidos alguns requisitos específicos. Primeiramente, a perspectiva do usuário no laboratório virtual foi debatida, com a opção de visualização em primeira pessoa ou terceira pessoa. A decisão foi fundamentada em estudos que demonstraram que a perspectiva em terceira pessoa proporciona uma visão mais abrangente e facilita a compreensão das informações anatômicas. Outro requisito importante foi determinar a utilização ou não de um personagem (*avatar*). Neste caso, a escolha foi baseada em análises de viabilidade e eficiência. Optou-se por não utilizar um personagem, pois a criação e animação de um *avatar* para cada interação com o laboratório e as peças anatômicas seriam complexas e demandariam mais recursos. Para alcançar um maior realismo com um personagem, seria necessário modelá-lo e adicionar *bones* (ossos) para possibilitar movimentos realistas. Por questões práticas, essa opção foi descartada, priorizando a simplicidade e facilidade de interação do usuário.

Para acessar o aplicativo, que é disponibilizado pela pesquisadora, deve-se fazer o seu *download* no aparelho celular, cuja extensão é APK. Durante a instalação algumas permissões são solicitadas e após a finalização do processo, o aplicativo fica disponível para o usuário.

Quando o aplicativo é iniciado, apresenta uma tela padrão (tela inicial) para o usuário, conforme representado na Figura 2. A decisão de incluir uma barra de rolagem, que passa por todo o corpo do indivíduo automaticamente, foi tomada com base em estudos que indicam que a exposição gradual às informações anatômicas pode melhorar a compreensão e assimilação do conteúdo. Em seguida, após a visualização da tela inicial, o usuário é conduzido automaticamente para uma nova tela, onde pode entrar no laboratório virtual e escolher os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs). Dessa forma, a construção do laboratório virtual visa fornecer uma experiência de aprendizado eficiente, acessível e de alta qualidade, adequada às necessidades dos usuários e alinhada com os princípios da educação em anatomia.

Figura 2 -Tela inicial do aplicativo.



Fonte: Elaborado pelas autoras (2022)

Os modelos anatômicos só serão apresentados ao usuário quando for selecionada a opção “entrar no laboratório” e escolhidos os EPIs corretos conforme mostra-se na Figura 3

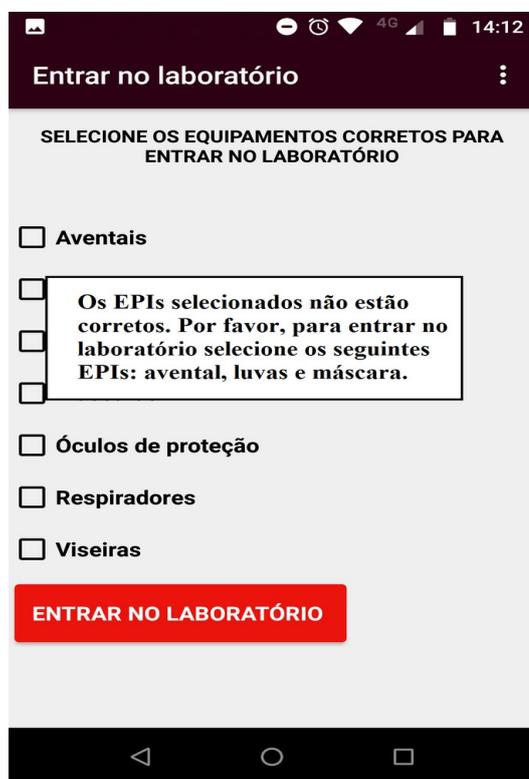
Figura 3- Tela EPIs do aplicativo em um aparelho celular.



Fonte: Elaborado pelas autoras (2022)

Nela, o discente visualizará um menu para escolher a peça anatômica a ser estudada, caso a seleção seja feita de forma errada, ou seja, não escolha os EPIs corretos uma mensagem de erro aparecerá na tela e o discente não poderá entrar no laboratório, conforme pode ser visualizado na Figura 4.

Figura 4- Tela de erro dos EPIs



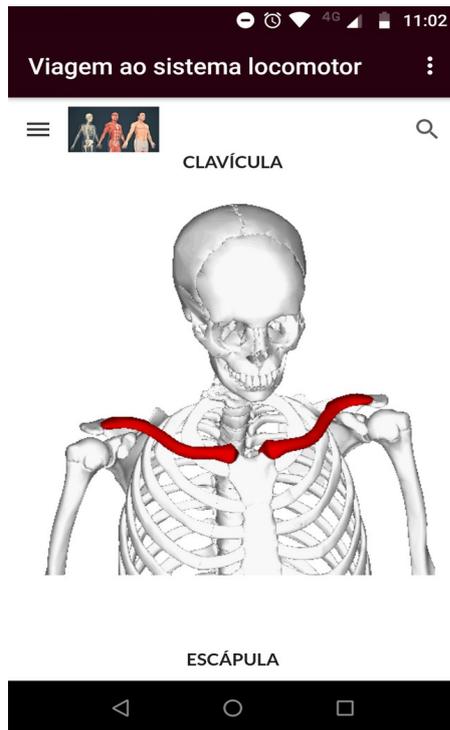
Fonte: Elaborado pelas autoras (2022)

4.2 Conteúdo do Laboratório Virtual

Nesta seção descreve-se o conteúdo a ser disponibilizado no aplicativo do laboratório virtual do sistema locomotor humano, destacando-se também suas funcionalidades.

Ao acessar o menu disponível na tela o discente pode selecionar o osso que tem interesse em estudar e a sua nomenclatura. Com a escolha é apresentada a imagem e o respectivo nome da peça anatômica. Na Figura 5 é apresentado como é visualizado o osso após a seleção pelo aluno.

Figura 5-Tela de visualização da peça anatômica.

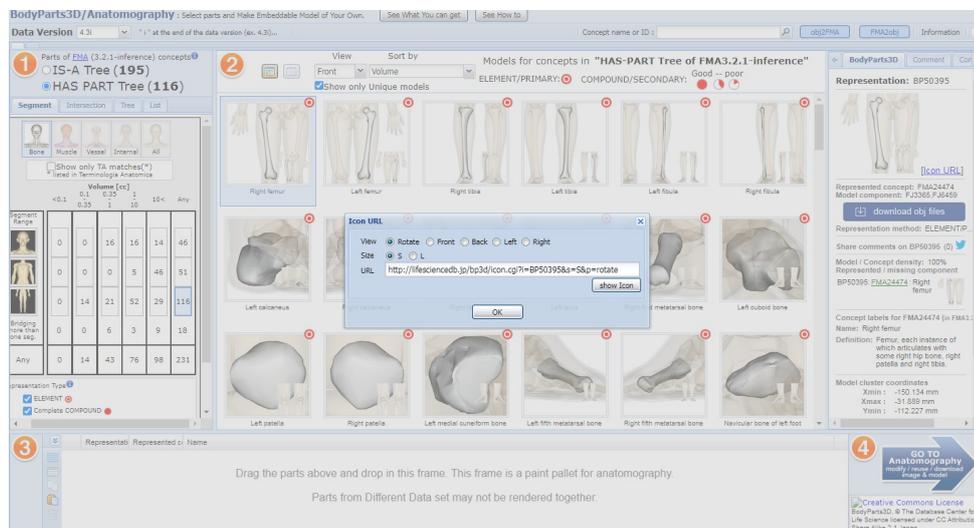


Fonte: *BodyParts3D* (2022)

Dessa forma, poderá acessar várias partes do corpo humano. Para sair do sistema o usuário deve selecionar no menu a opção sair.

As imagens 3D foram inseridas no *Website Locomotomic*, desenvolvido para este trabalho, através da URL que o banco de dados *BodyParts 3D* oferece, conforme pode ser verificado na Figura 6.

Figura 6- URL *BodyParts 3D*



Fonte: *BodyParts 3D* (2022).

4.3 Passo a passo para o desenvolvimento do aplicativo de anatomia humana

O sistema locomotor humano é composto por ossos, músculos, articulações e outros tecidos que trabalham juntos para permitir ao corpo se mover.

Nesta seção, vai ser mostrado o passo a passo do desenvolvimento do aplicativo do sistema locomotor humano, utilizando a linguagem de programação JavaScript; a plataforma de desenvolvimento de aplicativos Kodular e as imagens do BodyParts3D. O desenvolvimento do aplicativo seguiu os seguintes passos:

1. Criação da conta Kodular: que é uma plataforma gratuita que permite a criação de aplicativos sem a necessidade de codificação;
2. Importação das imagens do *BodyParts3D*: importou-se as imagens 3D, depois de trabalhadas, referente ao sistema locomotor humano. Essas imagens são visualizadas no aplicativo e na animação são inseridas apenas os *links* gerados pelo BodyParts3D;
3. Criação da interface do usuário: utilizou-se componentes da plataforma Kodular para criar botões, caixas de seleção e outros elementos da interface do aplicativo;
4. Adição de funcionalidades: a linguagem *JavaScript* foi usada para adicionar interações, como a rotação da imagem 3D, ao clicar em um determinado botão. Entretanto, não é possível controlar a rotação, ou seja, mudar de sentido ou velocidade;
5. Teste e implantação: testou-se o aplicativo para garantir que estava funcionando corretamente, com a sua instalação em um *smarthphone*, com o sistema operacional *Android*.

Em relação ao processo de inserção das informações no desenvolvimento do aplicativo no Kodular adicionou-se o *site* ao projeto na plataforma, após o *site* com as imagens ficar pronto. Isso foi feito inserindo o *site* como uma extensão no Kodular.

O processo de inserção de informações do *site* no Kodular usando extensões foi conforme as etapas:

- Publicou-se o *site* utilizando um serviço de hospedagem de *sites*;
- Adicionou-se uma extensão *WebViewer* para exibir o *site* no Kodular. Esta extensão permite exibir o conteúdo da *web* no aplicativo;
- Adicionou-se o bloco de código no Kodular para especificar a *URL* do *site*;
- Personalizou-se o visual do aplicativo, incluindo o tamanho e a posição da *WebViewer*.

O componente *WebView* no Kodular é utilizado para exibir páginas da *web*, funcionando como "navegador dentro do aplicativo". É importante destacar que se o usuário acessar o *locomotonic.com.br* com o navegador do celular, não terá os mesmos recursos que acessando pelo *app*.

Para anexar uma *URL* em um componente *WebView* as seguintes etapas foram realizadas:

- Adicionou-se um componente *WebView* na tela do aplicativo, arrastando e soltando o componente *WebView* da biblioteca de componentes para a tela do projeto no Kodular;
- Configurou-se as propriedades do componente no painel *WebView*, como tamanho, posição, entre outros;
- Adicionou-se uma variável no Kodular para armazenar a URL que se deseja anexar ao componente *WebView*;
- Atribuiu-se a URL armazenada na variável ao componente *WebView*, no seu guia de propriedades usando a opção "URL";
- Executou-se o aplicativo e o *WebView* exibiu a página da *web* correspondente à URL atribuída.

4.4 Inserção da imagem 3D no site

Para adicionar uma imagem 3D do banco de dados *BodyParts3D* no site, inicialmente carrega-se o modelo 3D usando uma biblioteca JavaScript chamada *A-Frame*. Na Figura 7 é apresentado o código desenvolvido para inserir a imagem no site usando o *A-Frame*.

Figura 7- Código para inserir uma imagem 3D

```

<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
  <meta charset="utf-8">
  <title>Exemplo de Modelo 3D GLTF</title>
  <style>
    body {
      margin: 0;
      overflow: hidden;
    }
  </style>
  <script src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/three.js/r128/three.min.js"></script>
</head>
<body>
<script>
  const scene = new THREE.Scene();
  const camera = new THREE.PerspectiveCamera(75, window.innerWidth / window.innerHeight, 0.1, 1000);
  const renderer = new THREE.WebGLRenderer();
  renderer.setSize(window.innerWidth, window.innerHeight);
  document.body.appendChild(renderer.domElement);

  // Carregar o modelo GLTF
  const loader = new THREE.GLTFLoader();
  loader.load('http://lifesciencedb.jp/bp3d/icon.cgi?i=BP47622&s=S&p=front', (gltf) => {
    const model = gltf.scene;

  // Adicionar o modelo à cena
  scene.add(model);

  // Posicionamento da câmera
  camera.position.z = 5;

```

Fonte: Elaborado pelas autoras (2022)

Neste código, carrega-se o modelo 3D de um osso do esqueleto humano no formato glTF e o adiciona à cena usando o componente <a-entity>. A cena 3D é criada usando o componente <a-scene>. Dentro da cena, adiciona-se o objeto 3D, nesse caso o osso do esqueleto humano, usando o componente <a-entity>. O atributo *gltf-model* indica que está sendo carregado um modelo 3D no formato *glTF*. O atributo *position* é usado para posicionar o modelo 3D na cena. O atributo *color* define a cor da imagem de fundo. Uma interação ao modelo 3D também foi projetada. Registrando um componente chamado *model-opacity* que permite que o usuário altere a opacidade do modelo 3D, ao passar o *mouse* sobre ele. O componente *model-opacity* define uma estrutura de dados (*schema*) com o valor padrão da opacidade sendo 1.0. O método *init* é chamado quando o componente é iniciado e adiciona os eventos de *mouse mouseenter* e *mouseleave* ao objeto. Quando o *mouse* entra no objeto, a opacidade é alterada para 0.5, e quando o mouse sai do objeto, a opacidade é alterada de volta para 1.0, só permitindo uma interação.

4.5 Avaliação do aplicativo pelo usuário

A aplicação do questionário como teste avaliativo referente as ferramentas do aplicativo contou com a participação de trinta estudantes da disciplina de anatomia humana.

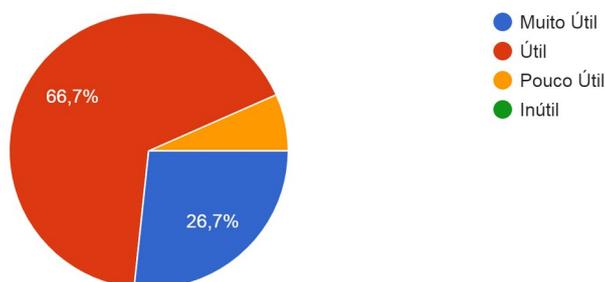
Na avaliação foi realizada com os estudantes de anatomia, para tal um link com o questionário e o aplicativo foram compartilhados em um grupo de *WhatsApp*. Solicitou-se, então, a colaboração dos discentes da disciplina para preenchê-lo. Os gráficos mostrados a seguir apresentam o resultado das respostas de cada questão.

No Gráfico 1 é apresentado o valor percentual de satisfação em relação à finalidade a que se propõe o aplicativo de anatomia.

Gráfico 1- Resposta 1 do questionário, referente à finalidade do aplicativo do laboratório Virtual de Anatomia Locomotora.

1- Em relação à finalidade a que se propõe o aplicativo de anatomia:

30 respostas



Fonte: Elaborado pelas autoras

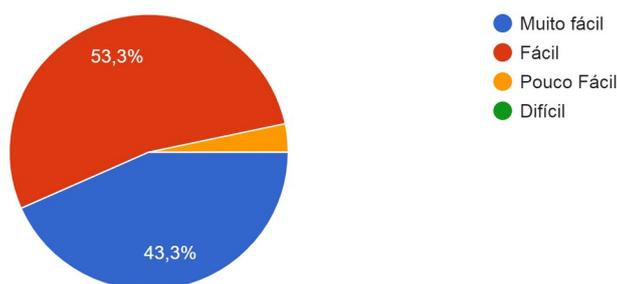
Com base nos dados, pode-se afirmar que a maioria dos usuários do aplicativo de anatomia acham que ele é útil (20 respostas - 66,70%) e alguns até o consideram muito útil (8 respostas - 26,70%). No entanto, um pequeno número de usuários (2 respostas - 6,67%) achou o aplicativo pouco útil. Essas informações sugerem que a maioria dos usuários do aplicativo estão satisfeitos com sua funcionalidade e acreditam que ele atende às suas necessidades em relação à sua finalidade.

No Gráfico 2 é apresentado o percentual das respostas com relação à facilidade de uso do aplicativo.

Gráfico 2- Resposta 2 do questionário, referente ao uso do aplicativo do laboratório Virtual de Anatomia Locomotora.

2- Em relação ao uso do aplicativo

30 respostas



Fonte: Elaborado pelas autoras

Com base nos dados, é possível afirmar que a maioria dos usuários do aplicativo de anatomia acham que ele é fácil de ser usado (16 respostas - 53,30%) ou muito fácil de usar (13 respostas - 43,30%), o que indica que a interface do aplicativo é intuitiva e amigável. No

entanto, um pequeno número de usuários (1 resposta – 3,40%) achou o aplicativo um pouco difícil de usar.

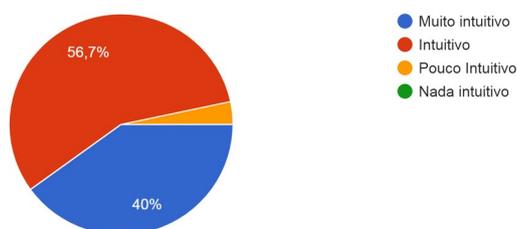
Essas informações sugerem que a maioria dos usuários não tiveram problemas em encontrar e usar as funcionalidades do aplicativo de forma amigável.

No entanto, é importante destacar que a opinião dos usuários é subjetiva e pode variar de acordo com suas experiências pessoais com o aplicativo, habilidades tecnológicas e familiaridade com dispositivos móveis.

No Gráfico 3 é apresentado o valor percentual de satisfação em relação à interface do aplicativo de anatomia.

Gráfico 3- Resposta 3 do questionário, referente à interface do aplicativo do laboratório Virtual de Anatomia Locomotora.

3- A interface do aplicativo de anatomia
30 respostas



Fonte: Elaborado pelas autoras

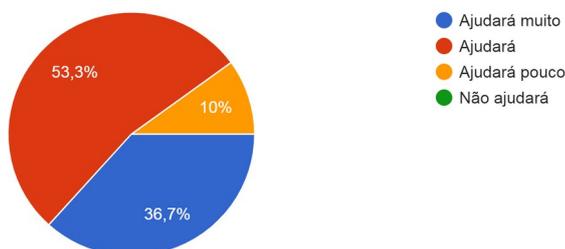
De acordo com os dados, a maioria dos usuários do aplicativo de anatomia acham que a interface é intuitiva (17 respostas – 58,70 %) e alguns até acham que é muito intuitiva (12 respostas – 40,00 %). No entanto, um usuário (1 resposta – 3,40 %) achou a interface pouco intuitiva.

Portanto, essas informações sugerem que a maioria dos usuários considera a interface do aplicativo fácil de entender e navegar, o que é consistente com as respostas sobre a facilidade de uso do aplicativo.

No Gráfico 4 é apresentado o valor percentual com relação ao auxílio para o estudo da disciplina no aplicativo de anatomia.

Gráfico 4- Resposta 4 do questionário, referente ao auxílio que o aplicativo do laboratório Virtual de Anatomia Locomotora.

4- No que concerne aos estudos da disciplina
30 respostas



Fonte: Elaborado pelas autoras

Conforme o Gráfico 4, é possível afirmar que a maioria dos usuários acredita que o aplicativo de anatomia auxiliará em seus estudos da disciplina (16 respostas – 53,30%), e alguns acreditam que auxiliará muito (11 respostas – 38,70%). No entanto, um pequeno número de usuários (3 respostas – 10,00 %) achou que o aplicativo auxiliará pouco.

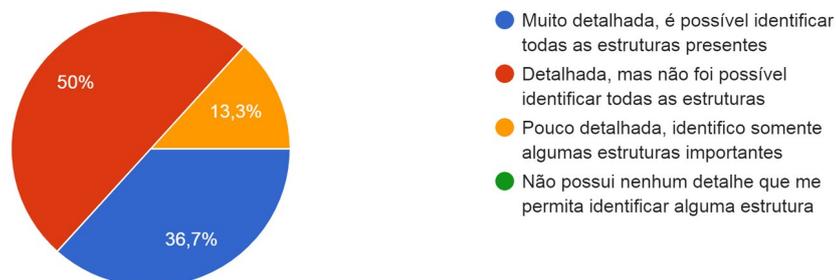
Essas informações sugerem que a maioria dos usuários acredita que o aplicativo pode ser útil para seus estudos de anatomia e pode ajudar na compreensão dos conceitos e estruturas do corpo humano.

É importante destacar que a opinião dos usuários é subjetiva e pode variar de acordo com suas necessidades e objetivos de aprendizado. Alguns usuários podem achar o aplicativo mais útil do que outros, dependendo de seu nível de conhecimento prévio e estilo de aprendizado.

No Gráfico 5 é apresentado o valor percentual de impressão que o usuário tem das peças anatômicas do aplicativo, com relação aos detalhes da imagem.

Gráfico 5- Resposta 5 do questionário, referente aos detalhes das peças anatômicas apresentadas pelo aplicativo do laboratório Virtual de Anatomia Locomotora.

5- Em relação às peças anatômicas do aplicativo
30 respostas



Fonte: Elaborado pelas autoras

Com relação ao Gráfico 5, a maioria dos usuários do aplicativo de anatomia acha que as peças anatômicas do aplicativo são detalhadas, mas não foi possível identificar todas as estruturas (15 respostas – 50,00 %). Alguns usuários acham que as peças anatômicas são muito detalhadas e é possível identificar todas as estruturas presentes (11 respostas – 36,70 %), enquanto outros acham que são pouco detalhadas e só é possível identificar algumas estruturas importantes (4 respostas – 13,30 %).

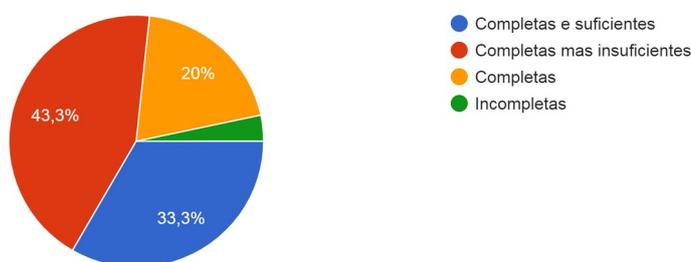
Essas informações sugerem que a percepção dos usuários em relação às peças anatômicas do aplicativo é diversa, com alguns usuários encontrando todas as estruturas e outros achando difícil identificar todas as estruturas presentes.

É importante lembrar que a anatomia humana é uma área complexa e requer um estudo aprofundado para compreender todas as estruturas e relações anatômicas. Portanto, pode ser difícil para um aplicativo apresentar todas as estruturas de forma detalhada e clara para todos os usuários.

No Gráfico 6 é apresentado o valor percentual da percepção do usuário em relação à nomenclatura referente às peças anatômicas, se eram completas e suficientes; completas, mas insuficientes; completas ou incompletas.

Gráfico 6- Resposta 6 do questionário referente à nomenclatura das peças anatômicas apresentadas no aplicativo do laboratório Virtual de Anatomia Locomotora.

6- Em relação à nomenclatura referente a cada peça anatômica:
30 respostas



Fonte: Elaborado pelas autoras

Com base nos dados do Gráfico 6, percebe-se que a maioria dos usuários do aplicativo de anatomia acha que a nomenclatura referente às peças anatômicas é completa, mas insuficiente (13 respostas – 43,30 %). Alguns usuários acham que a nomenclatura é completa e suficiente (10 respostas – 33,30 %), enquanto outros acham que é completa (6 respostas – 20,00 %). Apenas um usuário achou a nomenclatura incompleta (3,40 %).

Esses dados sugerem que, embora a maioria dos usuários acredite que a nomenclatura é completa, há alguns usuários que acham que ela não é suficiente para uma compreensão completa das estruturas anatômicas.

Isso pode ser devido à complexidade da terminologia anatômica, o que pode ser difícil de entender para aqueles sem experiência anterior em anatomia.

No entanto, é relevante destacar que a opinião dos usuários é subjetiva e pode variar de acordo com suas experiências pessoais e conhecimentos em anatomia. Também deve ser um parâmetro para melhorar a apresentação do conteúdo no aplicativo.

No Gráfico 7 é apresentado o valor percentual da percepção do usuário em relação à apresentação do conteúdo, se este está de acordo com o que foi visto em sala de aula e se servirá para auxiliá-los no estudo, proposta no menu no aplicativo de anatomia.

Gráfico 7- Resposta 7 do questionário referente à segmentação que o aplicativo do laboratório Virtual de Anatomia Locomotora, ou seja, se estão de acordo com o que foi visto em sala de aula.

7- Em relação à segmentação proposta no menu:

30 respostas



Fonte: Elaborado pelas autoras

Conforme os dados apresentados no Gráfico 8, a maioria dos usuários do aplicativo de anatomia percebe que a segmentação proposta no menu está de acordo com o visto em sala de aula e servirá para auxiliar seus estudos (15 respostas – 50,00 %). Alguns usuários acham que a segmentação está de acordo com o visto em sala de aula e servirá muito para auxiliar seus estudos (12 respostas – 40,00 %), enquanto outros acham que servirá pouco para auxiliar seus estudos (3 respostas – 10,00 %).

Essas informações sugerem que a segmentação proposta no menu é considerada adequada pelos usuários em relação ao conteúdo visto em sala de aula e pode ser útil para reforçar seus estudos.

É importante destacar que a segmentação adequada e clara do conteúdo pode ser um fator crítico para a efetividade de um aplicativo de anatomia.

A organização e a estrutura do conteúdo podem ajudar os usuários a navegar mais facilmente e encontrar as informações relevantes para seus estudos.

No Gráfico 8 é apresentado o valor percentual da percepção em relação aos trabalhos futuros, ou seja, a continuação do desenvolvimento do aplicativo.

Gráfico 8- Resposta 8 do questionário, referente ao desenvolvimento futuro do aplicativo do laboratório Virtual de Anatomia Locomotora.

8- Em relação a trabalhos futuros

30 respostas



Fonte: Elaborado pelas autoras

Com base nos dados levantados no Gráfico 8, a maioria dos usuários do aplicativo de anatomia acredita que seria muito interessante continuar o trabalho com a adição de outras estruturas anatômicas (17 respostas – 56,70 %). Alguns usuários definem que seria interessante continuar o trabalho com a adição de outras estruturas anatômicas (12 respostas – 40,00 %), enquanto apenas um usuário (3,00 %) não acha que seria interessante continuar o trabalho.

Essas informações sugerem que a maioria dos usuários está interessada em ver o aplicativo de anatomia ser expandido com a adição de mais estruturas anatômicas.

A adição de mais conteúdo poderá tornar o aplicativo mais útil para estudantes de anatomia e profissionais de saúde, permitindo que eles estudem e revisem mais estruturas e conceitos anatômicos. No entanto, é importante destacar que o desenvolvimento de novos conteúdos requer tempo e recursos.

Com base nos dados, é possível concluir que a maioria dos usuários do aplicativo de anatomia está satisfeita com sua funcionalidade e considera-o útil para seus estudos na disciplina de anatomia humana. A maioria dos usuários também acha o aplicativo fácil de usar e a interface intuitiva, o que contribui para a sua experiência positiva. Além disso, a segmentação do conteúdo proposta no menu é considerada adequada e útil pelos usuários. Os dados também indicam que os usuários valorizam a adição de mais estruturas anatômicas no aplicativo, o que sugere que estão interessados em expandir o conteúdo do aplicativo para aprimorar seus estudos.

No entanto, é importante destacar que a opinião dos usuários é subjetiva, e algumas respostas apresentam pequenos percentuais de descontentamento, como a percepção de que a nomenclatura das peças anatômicas pode ser insuficiente em alguns casos, ou a dificuldade em identificar todas as estruturas detalhadas nas peças anatômicas.

Em suma, os dados sugerem que o aplicativo de anatomia é bem aceito e útil para a maioria dos usuários, mas também ressaltam a importância contínua de melhorar a interface, o conteúdo e as funcionalidades para atender às necessidades e expectativas dos usuários.

5 Considerações finais

O aplicativo *Locomotomic* foi projetado com uma visão educativa do sistema locomotor humano, com proposta de se ter uma interface amigável. Desta forma, a preocupação foi desenvolver um aplicativo cuja navegação seja de fácil entendimento, com o menu bem estruturado, possibilitando que se encontre as informações desejadas sobre o sistema locomotor humano de forma intuitiva. O aplicativo, que inclui modelos 3D dos ossos, também apresenta nomenclatura do sistema locomotor humano.

Este aplicativo também oferece contribuições diretas para a disciplina de anatomia, focando na usabilidade e economia. Ele aprimora a usabilidade ao proporcionar acesso simples ao conteúdo anatômico, permitindo que os alunos explorem estruturas em 3D, o que ajuda a tornar o aprendizado mais efetivo, possibilitando otimizar a experiência de aprendizado. Em relação à economia, o uso do aplicativo elimina a necessidade de investir em materiais físicos caros, como modelos anatômicos. Isso não apenas reduz os custos associados ao ensino da anatomia, mas também economiza espaço físico nas instalações educacionais.

O uso do aplicativo de anatomia também pode oferecer benefícios no aprendizado e na compreensão da anatomia humana, permitindo que os estudantes estudem o conteúdo em qualquer lugar e a qualquer momento. A visualização interativa em 3D e as imagens detalhadas ajudam os usuários a explorar as estruturas anatômicas com maior profundidade e clareza do que os recursos estáticos, como livros.

No entanto, o uso exclusivo de aplicativos de anatomia pode apresentar desafios, algumas informações podem ser imprecisas ou insuficientes, o que pode prejudicar a compreensão. Além disso, a dependência excessiva da tecnologia pode afetar negativamente a capacidade dos estudantes de aprender de outras maneiras, como por meio de aulas práticas e interação direta com modelos anatômicos. Portanto, é importante equilibrar o uso de aplicativos com outros métodos de aprendizado para obter uma compreensão completa e holística da anatomia humana.

O desenvolvimento de um aplicativo voltado para a anatomia humana, focando especialmente no sistema locomotor, apresenta uma série de desafios substanciais. Primeiramente, a complexidade intrínseca da anatomia humana surge como um obstáculo significativo. Compreender a interconexão entre diversas estruturas como ossos, músculos, articulações e ligamentos exige uma compreensão profunda e precisa. A necessidade de detalhamento preciso é outra dificuldade inerente. Para que o aplicativo seja eficaz como ferramenta educacional, é imprescindível que as representações 3D das estruturas anatômicas sejam minuciosas e corretas. Esse processo de modelagem pode ser moroso e exigente. A criação de uma interação intuitiva para permitir que os usuários explorem as estruturas anatômicas é um desafio adicional. Essa interação precisa ser amigável, especialmente para aqueles que possuem conhecimento limitado sobre anatomia. A questão da performance

também é relevante. A renderização de modelos 3D detalhados pode demandar considerável poder de processamento, especialmente em dispositivos móveis.

A adaptabilidade a uma variedade de dispositivos também se configura como uma dificuldade. O aplicativo deve funcionar de maneira eficaz em diferentes plataformas, como *smartphones*. Isso requer a adaptação da interface e da experiência do usuário para contemplar diferentes tamanhos de tela e capacidades de *hardware*.

A precisão das informações é um ponto crítico. Assegurar que as informações anatômicas apresentadas no aplicativo sejam baseadas em fontes confiáveis e atualizadas demanda rigor em pesquisa e verificação. Outro ponto é encontrar o equilíbrio entre realismo e clareza visual. A representação das estruturas anatômicas precisa ser visualmente realista, mas, ao mesmo tempo, suficientemente clara para garantir a compreensão dos usuários.

Com base nos dados da avaliação, é possível concluir que a maioria dos usuários do aplicativo de anatomia está satisfeita com sua funcionalidade e o considera útil para seus estudos na disciplina de anatomia humana. Além disso, a maioria dos usuários acha o aplicativo fácil de usar e a interface intuitiva, o que contribui para sua experiência positiva. A segmentação do conteúdo proposta no menu também é considerada adequada e útil pelos usuários. Outro ponto importante é que os dados indicam que os usuários valorizam a adição de mais estruturas anatômicas no aplicativo, sugerindo um interesse em expandir o conteúdo do aplicativo para aprimorar seus estudos. No entanto, é relevante destacar que a opinião dos usuários é subjetiva, e algumas respostas apresentam pequenos percentuais de descontentamento, como a percepção de que a nomenclatura das peças anatômicas pode ser insuficiente em alguns casos, ou a dificuldade em identificar todas as estruturas detalhadas nas peças anatômicas. Os dados sugerem que o aplicativo de anatomia é bem aceito e útil para a maioria dos usuários, mas também ressaltam a importância contínua de melhorar a interface, o conteúdo e as funcionalidades para atender às necessidades e expectativas dos usuários. É essencial continuar trabalhando para aprimorar o aplicativo e garantir que ele continue sendo uma ferramenta valiosa para os estudantes de anatomia.

O desenvolvimento contínuo de um aplicativo de anatomia humana focado no sistema locomotor pode abranger uma gama diversificada de melhorias e funcionalidades adicionais, destinadas a enriquecer a experiência do usuário e aprofundar o valor educativo do aplicativo. Entre as possibilidades de trabalhos futuros estão: aprimoramento da modelagem 3D, buscando uma representação ainda mais precisa e minuciosa das estruturas anatômicas em três dimensões. Esse aperfeiçoamento garantiria uma abordagem mais realista e completa; integração de tecnologias de realidade virtual e aumentada para permitir que os usuários explorem as estruturas anatômicas de forma envolvente e imersiva. Isso poderia incluir a visualização em detalhes tridimensionais por meio de óculos de RV ou dispositivos de RA; desenvolvimento de recursos de exploração interativa, que permitiriam aos usuários manipular virtualmente as estruturas anatômicas, realçar áreas específicas de interesse e observar movimentos articulares de maneira dinâmica; inclusão de simulações dinâmicas para ilustrar como as estruturas anatômicas interagem e se movem durante diferentes atividades físicas, adicionando uma camada de compreensão dos processos biomecânicos; criação de animações explicativas para facilitar a compreensão de conceitos anatômicos complexos,

como os processos de contração muscular ou articulação entre ossos; integração de tecnologias biomédicas avançadas, como imagens de Ressonância Magnética (RM) e Tomografia Computadorizada (TC), para oferecer uma visão detalhada das estruturas internas do corpo; possibilitar a personalização de conteúdo, permitindo que os usuários ajustem o conteúdo de acordo com suas necessidades específicas de aprendizado e interesse; implementação de recursos de avaliação, como questionários e testes interativos, para que os usuários possam avaliar seus conhecimentos de maneira prática; continuação do aprimoramento em acessibilidade universal, garantindo que o aplicativo possa ser usado com facilidade por pessoas com diferentes tipos de deficiências; introdução de recursos de colaboração e compartilhamento, possibilitando que os usuários colaborem em estudos de anatomia, compartilhando anotações e informações; manutenção de atualizações regulares para acompanhar os avanços médicos e descobertas anatômicas mais recentes; coleta e incorporação de *feedback* dos usuários para aprimorar continuamente a usabilidade e a experiência geral do aplicativo; adição de suporte multilíngue para atingir um público mais amplo e diversificado.

Com o uso da plataforma *Kodular* e as imagens do *BodyParts3D*, foi possível criar um aplicativo do sistema locomotor humano e esse método poderá ser usado para desenvolver outros aplicativos.

Seguindo todas essas etapas, portanto, foi possível desenvolver um laboratório virtual de anatomia humana do sistema locomotor humano que poderá ser utilizado para auxiliar o ensino de anatomia nos cursos da área de saúde e que também poderá auxiliar o discente no processo de ensino remoto. Sendo esse aplicativo útil para a memorização das nomenclaturas de peças anatômicas e suas respectivas funções. Essa pesquisa poderá ser utilizada na implementação de outros laboratórios virtuais em instituições de ensino superior.

5.1 Conclusão

Os objetivos estabelecidos para este projeto foram alcançados de maneira eficaz, inicialmente, realizou-se uma análise abrangente para identificar e mapear as características essenciais necessárias para um laboratório virtual de anatomia humana, projetado para cursos na área da saúde. Isso implicou uma investigação de requisitos e uma avaliação detalhada das demandas dos estudantes. Posteriormente, com base nas informações obtidas durante a fase de mapeamento, procedeu-se com sucesso à modelagem do aplicativo destinado ao estudo do sistema de locomoção humana. A implementação desse aplicativo seguiu os padrões estabelecidos no início do projeto, resultando em um produto funcional.

Por fim, com a conclusão dessas etapas, foi possível criar um laboratório virtual totalmente operacional, visando atender às necessidades da disciplina de anatomia humana.

Em vista desses resultados, é evidente que os objetivos específicos delineados neste projeto foram alcançados de maneira satisfatória. Isso representa um avanço no campo do ensino e aprendizado na área da saúde, oferecendo uma ferramenta valiosa para o aprimoramento da educação nessa disciplina.

Desenvolveu-se um laboratório virtual para o ensino de anatomia humana do sistema locomotor como uma ferramenta viável para o ensino prático em centros universitários e cursos profissionalizantes na área da saúde. Esse recurso foi desenvolvido com o objetivo de aprimorar o processo de ensino-aprendizagem na área anatômica, evidenciando seu valor essencial na informática em educação.

Em resumo, as vantagens oferecidas pelo laboratório virtual para o estudo de anatomia humana são notáveis: melhoria na aprendizagem, especialmente para os alunos que aprendem de forma visual; facilidade de visualização com imagens 3D; disponibilidade para uso a qualquer hora e em qualquer lugar, já que o aplicativo pode ser carregado em um celular ou *notebook*, permitindo estudo prévio às aulas ou em qualquer ambiente confortável; além de representar uma abordagem inovadora de aprendizado que se beneficia das novas tecnologias.

REFERÊNCIAS

Bacarea, V., Marușteri, M., & Brinzaniuc, K. (2019). Next generation 3D Virtual Human Anatomy Laboratory, using off-the-shelf hardware and software. *Applied Medical Informatics*, 41(Suppl. 1).

Barsuk, J., McGaghie, W., & Cohen, E. R. (2009). Use of simulation based mastery learning to improve the quality of central venous catheter placement in a medical Intensive Care Unit. *J Hosp Medicine*, 4, 397-403.

BlueStacks. (2021). O emulador Android nº 1 do mundo. Retrieved January 18, 2021, from <http://www.bluestacks.com>.

BodyParts3D. (2022). Peças anatômicas. Retrieved August 18, 2022, from <http://lifesciencedb.jp/bp3d/?lng=en>.

Bould, M. D., Crabtree, N. A., & Naik, V. N. (2009). Assessment of procedural skills in anaesthesia. *Br J Anaesth*, 103(4), 472-483.

Calvo, I., Zulueta, E., Gangoiti, U., López, J., Cartwright, H., & Valentine, K. (2008). Laboratorios remotos y virtuales en enseñanzas técnicas y científicas. *Ikastorratza. e-Revista de didáctica*, 3, 1-21.

Cárdenas, S. M., Sánchez, G., & Luengas, L. A. (2015). New pedagogical tools: virtual laboratory. *VISIÓN ELECTRÓNICA*.

Chapman, A., & Dane, M. (1985). Teaching and evaluating clinical reasoning through computer-based patient management simulations learning strategies, computer-based instruction. Brigham Young University.

Fairén, M., Farrés, M., Moyés, J., & Insa, E. (2017). Virtual Reality to teach anatomy. *EUROGRAPHICS*. <https://doi.org/10.2312/eged.20171026>.

Falah, J., Khan, S., Alfalah, T., Alfalah, S. F., Chan, W., Harrison, D. K., & Charissis, V. (2014). Virtual Reality medical training system for anatomy education. In *Science and Information Conference (SAI)*, 752–758.

González, V. (1990). *Teoría y práctica de los medios de enseñanza*. La Habana: Pueblo y Educación.

Guerrero, C. D. Q., Ballén, E. L. S., & Sarmiento, W. J. (2008). Diseño de un prototipo de sistema de realidad virtual inmersivo simplificado. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 18(1), 35-50.

Jesus-Lopes, J. C. de, Maciel, W. R. E., & Casagrande, Y. G. (2022). Check-list dos elementos constituintes dos delineamentos das pesquisas científicas. *Desafio Online*, 10(1).

Lopez-Rodriguez, M. M., Fernández-Millan, A., Ruiz-Fernández, M. D., Dobarrío-Sanz, I., & Fernández-Medina, I. M. (2020). New Technologies to Improve Pain, Anxiety and Depression in Children and Adolescents with Cancer: A Systematic Review. *International journal of environmental research and public health*, 17(10), 3563. <https://doi.org/10.3390/ijerph17103563>

Kharki, K. E., Berrada, K., & Burgos, D. (2021). Design and Implementation of a Virtual Laboratory for Physics Subjects in Moroccan Universities. *Sustainability*, 13(37). <https://doi.org/10.3390/su13073711>.

Kodular. (2022). Understanding Kodular. Retrieved May 10, 2022, from <https://docs.kodular.io/guides/>.

Naves, R. (2013). *Laboratório virtual de anatomia para medicina veterinária*. Lavras: Universidade Federal de Lavras. Retrieved April 29, 2021, from http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/31288/1/MONOGRAFIA_Laboratorio_virtual_de_anatomia_para_medicina_veterinaria.pdf.

Pottle J. (2019). Virtual reality and the transformation of medical education. *Future healthcare journal*, 6(3), 181–185. <https://doi.org/10.7861/fhj.2019-0036>.

Pelargos, P. E. et al. (2017). Utilizing virtual and augmented reality for educational and clinical enhancements in neurosurgery. *Journal of Clinical Neuroscience*, 35, 1–4.

Richardson D. (2011). Is virtual reality a useful tool in the teaching of physiology? *Advances in physiology education*, 35(2), 117–119. <https://doi.org/10.1152/advan.00002.2011>.

Testut, L., & Latarjet, A. (2017). *Trattato di anatomia umana*. Toscana: Edra. ISBN: 978-8821445378.

Yu, M., & Yang, M. R. (2022). Effectiveness and Utility of Virtual Reality Infection Control Simulation for Children With COVID-19: Quasi-Experimental Study. *JMIR serious games*, 10(2), e36707. <https://doi.org/10.2196/36707>.