



CAPÍTULO 14

FERRAMENTAS INOVADORAS DE ENSINO-APRENDIZAGEM EM ANATOMIA HUMANA: REVISÃO

Karla da Conceição Bezerra Brito Veras

Doutora em Cuidados Clínicos em Enfermagem e Saúde, pela Universidade Estadual do Ceará (UECE). Mestre em Ensino na Saúde pela Universidade Estadual do Ceará (UECE). Pós doutoranda em Cuidados Clínico em Enfermagem e Saúde, pela Universidade Estadual do Ceará (UECE)
<http://lattes.cnpq.br/5269064271273231>
<https://orcid.org/0000-0001-7464-1992>
Centro Universitário INTA – UNINTA, Sobral – CE, Brasil

Francisco Marcelo Alves Braga Filho

Graduado em Fisioterapia pelo Centro Universitário INTA UNINTA (2019.2), pós-graduação em Fisioterapia nas Algias Posturais da Coluna Vertebral pela Faculdade FAVENI (2020), e pós-graduação em Fisioterapia do Trabalho e Ergonomia pelo Centro Universitário FAVENI (2022). Mestre em Gestão de Cuidados da Saúde pela MUST University (2022) e doutorando pela Christian Business School
<http://lattes.cnpq.br/9332138060874220>
<https://orcid.org/0000-0002-2583-4322>
Centro Universitário INTA – UNINTA, Sobral – CE, Brasil

Lívia Sayuri Félix Mendes

Graduada em Fisioterapia pelo Centro Universitário INTA-UNINTA, especialização em caráter de residência multiprofissional em Neonatologia (Santa Casa de Misericórdia de Sobral/UNINTA), pós-graduação em neuropediatria pela Faculdade Iguaçu, aperfeiçoamento em Fisioterapia Neonatal e Pediátrica: cardiorrespiratória e Terapia Intensiva pela SECAD/ARTMED
<http://lattes.cnpq.br/2416984711374722>
<https://orcid.org/0000-0001-7166-7708>
Centro Universitário INTA – UNINTA, Sobral – CE, Brasil

Ítalo Silvestre Lima Coelho

Estudante do curso de Biomedicina no Centro Universitário INTA – UNINTA
<http://lattes.cnpq.br/4772473110088851>
<https://orcid.org/0009-0001-7362-1938>
Centro Universitário INTA – UNINTA, Sobral – CE, Brasil

Nelson Viana Feitosa Pinto

Estudante do curso de Biomedicina no Centro Universitário INTA – UNINTA
<http://lattes.cnpq.br/1308968927807743>
<https://orcid.org/0009-0006-0277-7771>
Centro Universitário INTA – UNINTA, Sobral – CE, Brasil

RESUMO: A anatomia humana, pilar fundamental na formação em saúde, esteve por muito tempo vinculado a métodos tradicionais, restritos, como a dissecação de cadáveres. Entretanto, limitações éticas, logísticas e financeiras impulsionaram a busca por alternativas capazes de tornar o ensino mais dinâmico e acessível. Este estudo apresenta uma revisão integrativa da literatura, analisando o impacto de ferramentas inovadoras como realidade virtual e aumentada, impressão 3D, mesas de dissecação digital, ultrassonografia, gamificação e inteligência artificial no processo de ensino-aprendizagem. Os resultados apontam ganhos consistentes em desempenho acadêmico, raciocínio espacial, engajamento e motivação. Recursos imersivos como AR e VR ampliam a visualização anatômica; a impressão 3D favorece a compreensão clínica; a gamificação, sobretudo quando associada à IA, promove aprendizado ativo e personalizado; e, o ultrassom aproxima teoria e prática, fortalecendo a confiança discente. Apesar de barreiras como custos, acessibilidade e necessidade de capacitação, evidencia-se que, quando aplicadas de forma complementar, essas tecnologias transformam a experiência educacional e indicam um futuro em que a inovação redefine o ensino da anatomia humana.

PALAVRAS-CHAVE: Anatomia, Ensino, Tecnologia Educacional.

INNOVATIVE TOOLS FOR TEACHING AND LEARNING HUMAN ANATOMY: A REVIEW

ABSTRACT: Human anatomy, a fundamental pillar in health education, has long been tied to traditional and limited methods, such as cadaver dissection. However, ethical, logistical, and financial constraints have driven the search for alternatives that make teaching more dynamic and accessible. This study presents an integrative literature review, analyzing the impact of innovative tools such as virtual and augmented reality, 3D printing, digital dissection tables, ultrasonography, gamification, and artificial intelligence on the teaching-learning process. The results indicate consistent improvements in academic performance, spatial reasoning, engagement, and motivation. Immersive resources like AR and VR enhance anatomical visualization; 3D printing supports clinical understanding; gamification, particularly when combined with AI, fosters active and personalized learning; while ultrasonography bridges theory and practice, strengthening student confidence. Despite challenges such as cost, accessibility, and the need for proper training, the evidence shows that, when applied complementarily, these technologies transform the educational experience and point to a future in which innovation redefines human anatomy education.

KEYWORDS: Anatomy, Education, Educational Technology.

1. INTRODUÇÃO

A anatomia humana é reconhecida como um dos pilares da formação em saúde e oferece subsídios fundamentais para a compreensão da fisiologia, da patologia e da prática clínica. Tradicionalmente, o ensino dessa disciplina esteve centrado na dissecação de cadáveres, considerada por muito tempo como o “padrão-ouro”. Entretanto, fatores éticos, financeiros e logísticos, somados às mudanças curriculares, que buscam metodologias mais ativas e integradas, têm limitado o acesso a esse modelo clássico. Diante desse cenário, novas abordagens vêm sendo incorporadas ao ensino-aprendizagem, trazendo a necessidade de reavaliar os métodos que mais favorecem a formação dos estudantes (Song, 2022).

Ferramentas inovadoras como realidade virtual (VR), realidade aumentada (AR), mesas de dissecação digital, modelos 3D obtidos por impressão, aplicativos móveis, simulações clínicas, gamificação e, mais recentemente, aplicações de inteligência artificial (IA) representam alternativas promissoras. Além de ampliarem as possibilidades de visualização anatômica, tais recursos podem estimular maior interatividade, engajamento e raciocínio espacial. No entanto, persistem dúvidas sobre sua efetividade em comparação ao ensino tradicional, especialmente no que se refere à aprendizagem, retenção de conhecimento, motivação discente e custo-efetividade (Nath, 2021).

Este trabalho nasce do interesse da atuação da Liga de Estudos do Corpo Humano e Saúde (LECHS), formada por monitores e docentes de anatomia humana, o que proporciona experiência direta com atividades práticas, metodologias de ensino e acompanhamento do desempenho discente, reconhecendo a importância de estratégias pedagógicas inovadoras na formação acadêmica.

A problemática que guia este estudo pode ser resumida na questão: quais são as principais ferramentas inovadoras de ensino-aprendizagem em anatomia humana, e quais evidências existem sobre seus impactos na formação dos estudantes da saúde?

O objetivo desta pesquisa é mapear, avaliar criticamente e sintetizar a evidência sobre o uso de ferramentas inovadoras aplicadas ao ensino de anatomia humana, destacando efeitos na aprendizagem e engajamento discente, além de identificar lacunas relevantes para pesquisas futuras.

2. METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão integrativa, um método criterioso utilizado para sintetizar os conhecimentos mais relevantes produzidos sobre determinado tema. Esse método constitui um dos pilares da Medicina Baseada em Evidências (MBE) e, neste estudo, foi realizado por meio de levantamento bibliográfico acerca do uso de ferramentas

inovadoras no ensino de anatomia humana. A abordagem permite reunir, analisar e interpretar de forma sistemática os dados disponíveis, contribuindo para a tomada de decisões fundamentadas e para o avanço do conhecimento na área da Educação em Saúde.

A primeira fase consistiu na elaboração da questão norteadora: “Quais são os recursos inovadores utilizados no ensino-aprendizagem de anatomia humana no ensino superior?”

Na segunda fase, foi realizada a busca de artigos científicos nas bases de dados PubMed, Scielo e Cochrane, utilizando os descritores: *anatomy education, human anatomy, students, teaching methods, anatomy, VR, AR, 3D printing, digital dissection, gamification, AI*. Foram aplicados filtros para o período de 2020 a 2025, buscando-se artigos de livre acesso, idiomas inglês e espanhol, e tipos de estudo: ensaios randomizados, observacionais, qualitativos e de métodos mistos.

A terceira fase envolveu a coleta e inclusão de dados relevantes, aplicando os seguintes critérios de elegibilidade:

- Inclusão: estudos envolvendo estudantes de cursos da saúde; uso de pelo menos uma ferramenta inovadora em anatomia; avaliação de desfechos como desempenho acadêmico, raciocínio espacial, motivação, usabilidade ou tempo de estudo.
- Exclusão: editoriais, cartas, opiniões sem dados; estudos em anatomia veterinária; relatos sem avaliação de desfechos; duplicatas; ou estudos que não separassem anatomia de outras disciplinas.

Na quarta fase, realizou-se a análise crítica e a extração de dados, registrando-se informações como autor, ano, população estudada, tipo de estudo, intervenção aplicada, comparador, desfechos avaliados e resultados principais (ver Tabela 1).

Tabela 1 – Fluxograma da Metodologia

Etapa	Base de dados / Critério	Número de estudos
Estudos identificados nas bases de dados	PubMed, Scielo e Cochrane	2.873
Estudos potencialmente relevantes após aplicação dos descritores e filtros (2020–2025; EN/ES; tipos de estudo)	—	318
Estudos excluídos após avaliação de títulos e resumos	Não condizentes com os objetivos; editoriais, cartas, duplicatas etc.	303
Estudos avaliados em texto completo	Atendem aos critérios de inclusão/exclusão	15
Estudos incluídos na revisão integrativa	Seleção final para análise e síntese	15

Fonte: Autoria própria (2025).

Na quinta fase, os dados foram comparados, sintetizados e organizados em tabelas, permitindo identificar lacunas de conhecimento e definir prioridades para futuras pesquisas. Essa etapa garantiu uma interpretação clara e confiável das evidências, seguindo critérios de detalhamento, redução, exposição, comparação e síntese dos dados coletados, sempre priorizando a fidelidade às fontes primárias para evitar conclusões precipitadas.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

O ensino de anatomia humana tem sido historicamente tratado como uma disciplina estruturante nos cursos da área da saúde, representando o alicerce para a compreensão dos sistemas fisiológicos, das manifestações patológicas e para o raciocínio clínico aplicado. Todavia, a complexidade intrínseca ao estudo anatômico, que envolve memorização de grande quantidade de informações, entendimento de relações espaciais e integração das estruturas funcionais, impõe ao estudante uma carga cognitiva elevada, que pode se tornar um obstáculo à aprendizagem efetiva. Portanto, diversas teorias educacionais têm sido mobilizadas para compreender como otimizar o processo de ensino-aprendizagem em anatomia, especialmente diante da incorporação de ferramentas tecnológicas inovadoras.

Uma das abordagens centrais é a Teoria da Carga Cognitiva, proposta pelo psicólogo educacional John Sweller (1988), a qual parte da premissa de que a capacidade da memória de trabalho é limitada. Quando os recursos cognitivos são excessivamente demandados, o estudante não consegue processar, organizar nem consolidar adequadamente a informação. No ensino de anatomia, tradicionalmente caracterizado por conteúdos visuais complexos e termos técnicos numerosos, o risco de sobrecarga cognitiva é elevado. Ferramentas digitais, como modelos tridimensionais interativos, realidade aumentada (AR) e realidade virtual (VR), podem atuar de forma positiva nesse contexto, pois permitem distribuir a informação de maneira mais clara e segmentada, facilitando o processamento (Choi *et al.*, 2025). No entanto, quando mal aplicadas, tais tecnologias também podem gerar “carga cognitiva extrínseca”, isto é, sobrecarga desnecessária provocada por excesso de estímulos visuais ou *interfaces* pouco intuitivas. Dessa forma, a teoria de Sweller serve como fundamento para avaliar criticamente não apenas os benefícios, mas também os riscos associados ao uso indiscriminado de recursos inovadores.

De forma análoga, a Teoria do Duplo Código, de Allan Paivio (1986), reforça a importância de apresentar informações por meio de dois sistemas de representação, verbal e visual. Essa teoria assume que a aprendizagem é potencializada quando há codificação simultânea, permitindo que a informação seja armazenada em dois canais distintos da memória. No ensino anatômico, a associação de descrições textuais

ou narrativas a imagens, modelos tridimensionais ou simulações digitais atende a esse princípio, favorecendo a consolidação do conhecimento. A disseminação de aplicativos móveis, animações digitais e ambientes virtuais imersivos encontra suporte teórico nessa perspectiva, uma vez que combinam explicações verbais com representações visuais dinâmicas, ampliando as possibilidades de retenção e recuperação da informação (Wickramasinghe, 2022).

No campo do *design* instrucional, Richard Mayer (2020) propôs princípios que oferecem diretrizes práticas para a criação de materiais educativos digitais. Tais princípios orientam que palavras e imagens sejam integradas espacial e temporalmente, que a informação seja segmentada em unidades menores e que se evite a redundância desnecessária entre texto e fala. A aplicação desses princípios é crucial no desenvolvimento de recursos tecnológicos para anatomia, pois muitos erros comuns, como a sobreposição de textos longos sobre imagens complexas ou o excesso de elementos decorativos, podem comprometer a eficácia da ferramenta. Dessa forma, a teoria de Mayer fornece um arcabouço crítico para avaliar a qualidade pedagógica das inovações tecnológicas, e não apenas sua sofisticação estética.

Por outro lado, teorias construtivistas, como as de David Kolb (1984), destacam a centralidade da prática ativa no processo de aprender. Para Kolb, o conhecimento é construído por meio de um ciclo que envolve experiência concreta, reflexão, conceituação abstrata e experimentação ativa. No ensino de anatomia, isso significa que a simples exposição a imagens ou textos é insuficiente – é necessário que o estudante manipule, explore e aplique os conhecimentos em contextos práticos. Ferramentas como mesas de dissecação digital, modelos 3D impressos e ambientes de realidade virtual se alinham a esse paradigma, pois permitem que o discente interaja de maneira ativa com as estruturas anatômicas, reconstruindo mentalmente relações espaciais e testando hipóteses de forma prática e reflexiva (Sisu *et al.*, 2024).

No campo da motivação, Edward Deci e Richard Ryan (1985), contribuem para compreender como o engajamento do estudante pode ser fortalecido por meio de recompensas intrínsecas e extrínsecas. Aplicada ao contexto educacional, essa teoria embasa o uso da gamificação e de jogos como estratégias para aumentar a motivação, pois elementos como desafios progressivos, recompensas simbólicas e *feedback* imediato favorecem a percepção de autonomia, competência e pertencimento. Estudos recentes têm demonstrado que a introdução de mecânicas de jogo em ambientes de ensino de anatomia resulta em maior tempo de estudo voluntário e em engajamento mais profundo, superando a passividade associada a métodos exclusivamente expositivos (Wang *et al.*, 2024).

Além das teorias da aprendizagem e da motivação, os modelos de aceitação tecnológica, como o Technology Acceptance Model (TAM) e a Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT), fornecem lentes para compreender

como os estudantes percebem e utilizam novas ferramentas. De acordo com esses modelos, a intenção de adoção tecnológica depende, sobretudo, da percepção de utilidade e da facilidade de uso. Dessa maneira, ainda que uma ferramenta apresente elevado potencial pedagógico, sua aceitação pode ser limitada se for considerada complexa ou de difícil acesso. Em disciplinas tradicionalmente desafiadoras como a anatomia, esse aspecto se torna central, pois a adesão espontânea do estudante é decisiva para o sucesso das inovações implementadas (Bett, 2025).

No contexto contemporâneo, destaca-se ainda a inserção da inteligência artificial (IA) no ensino de saúde, o que vem ampliando as possibilidades de personalização do aprendizado. A IA pode atuar em diferentes frentes: no desenvolvimento de sistemas de aprendizagem adaptativa, que ajustam o conteúdo e o ritmo de acordo com o desempenho individual do estudante; na oferta de *feedback* automatizado em tempo real, reduzindo a dependência exclusiva da intervenção docente; na criação de tutores inteligentes capazes de guiar o estudante de forma individualizada; na geração de modelos 3D personalizados a partir de exames de imagem; e, na análise preditiva de desempenho, capaz de identificar lacunas de conhecimento e propor estratégias de correção. Essa perspectiva coloca a IA como elemento disruptivo no ensino de anatomia, com potencial de transformar a relação tradicional entre docente, discente e recurso pedagógico (Cornwall, 2024).

Em síntese, a integração entre teorias de aprendizagem, modelos motivacionais e estruturas de aceitação tecnológica fornecem subsídios para avaliar criticamente o uso de ferramentas inovadoras no ensino de anatomia humana. Ao mesmo tempo, a inserção da inteligência artificial introduz uma dimensão inédita de personalização e adaptabilidade que pode redefinir como os discentes interagem com o conhecimento anatômico. Assim, a convergência entre fundamentos teóricos e inovações tecnológicas possibilita não apenas a caracterização dos recursos emergentes, mas também a avaliação de seus efeitos e das lacunas existentes para pesquisas futuras.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na literatura, foi possível encontrar informações sobre diversas ferramentas com potencial educativo e inovador dentro do ensino da anatomia humana. A partir de pesquisas realizadas em bancos de dados, seguindo métodos criteriosos de exclusão e inclusão e tomando como base a pergunta norteadora, foram encontrados os resultados constantes da Tabela 2.

Tabela 2 – Ferramentas de ensino-aprendizagem de anatomia humana

Autor	Ferramenta Inovadora	Resultados
Niu <i>et al.</i> , 2025	Realidade Virtual (3D interativo)	Grupo que utilizou VR alcançou boas notas, obtendo maior satisfação e entendimento dos conceitos anatômicos.
Zeitouni <i>et al.</i> , 2024	Ultrassom (POCUS)	Melhorias nas notas em questionários após aplicação da ferramenta. Melhor entendimento de conceitos complexos e maior confiança também foram relatados.
Emadzadeh <i>et al.</i> , 2023	Mesa de dissecação virtual (VDT)	Grupo com VDT obteve desempenho e satisfação significativamente maiores que grupo atlas.
Aboregela <i>et al.</i> , 2024	Mesa de dissecação digital	Percepção positiva de melhorias no engajamento e interesse.
Agarwal <i>et al.</i> , 2025	Impressão 3D (fraturas)	Grupo 3D teve melhor raciocínio clínico. 92% acharam útil para orientação espacial.
Pagels <i>et al.</i> , 2024	<i>App digital (Visible Body)</i>	Grupo com atlas impresso teve melhor desempenho; satisfação maior com método analógico.
Ding <i>et al.</i> , 2024	Simulador de ultrassom	Ambos os grupos melhoraram nos testes; grupo com simulador reportou maior satisfação.
Zingg <i>et al.</i> , 2025	Realidade aumentada (hologramas)	Grupo AR teve escores significativamente maiores em teoria e prática; 91% preferem AR em futuras aulas.
Ben Hammouda <i>et al.</i> , 2025	VR (programa cirúrgico)	VR melhorou memorização e raciocínio espacial, sendo recomendado como complemento para o aprendizado.
Tran <i>et al.</i> , 2025	<i>Serious game</i> (neuroanatomia)	Turma com jogo teve notas de exame significativamente maiores, com alunos relatando motivação e acessibilidade.
Cuschieri; Narnaware, 2023	Gamificação (<i>Kahoot!</i>)	Melhorias consideráveis na retenção.
Weimer <i>et al.</i> , 2025	Ultrassom (estático vs dinâmico)	Grupo vídeo dinâmico teve notas maiores em patologia.
Hecht-López <i>et al.</i> , 2023	Mesa SECTRA + modelos 3D	Centros relataram ampla adoção da mesa SECTRA. Apenas 1 centro usa exclusivamente digital.
Ortiz-Obregón <i>et al.</i> , 2024	Ultrassom em aula prática	Estudantes relataram maior motivação. Ultrassom facilitou compreensão anatômica.
Castellano <i>et al.</i> , 2024	<i>App</i> móvel gamificado com recomendações e assistente IA	Gamificação + IA apoiaram o aprendizado; IA identificou lacunas de conhecimento e mostrou potencial para aprendizagem adaptativa futura.

Fonte: Autoria própria (2025).

Dentre as metodologias analisadas, uma que merece destaque é a utilização de ultrassom no ensino da anatomia. O uso do ultrassom durante as aulas é capaz de permitir uma demonstração de uma aplicação clínica, sendo possível apresentar aos alunos vários conceitos evidenciados em aulas de uma maneira prática, além de aumentar a confiança de alunos na interpretação de exames de imagem. Esse método, apesar de efetivo, com efetiva colaboração para um melhor entendimento e performance em questionários e provas, tem limitações na aplicação, devido à necessidade de conhecimento das técnicas envolvidas e, ainda, o custo relacionado à aquisição de equipamentos para a aplicação dessa ferramenta. Entretanto, estudantes envolvidos em pesquisas sobre esse método declararam obter maior satisfação com essa abordagem, com o curso e com os conhecimentos práticos e clínicos desenvolvidos (Zeitouni *et al.*, 2024; Ding *et al.*, 2024).

Outra ferramenta de importância é a realidade virtual e aumentada, por meio da utilização de *softwares* de anatomia humana como *Visible Body 3D Anatomy* e *Anatomy-3D Atlas*, entre outros disponibilizados. Esse recurso oferece várias vantagens em comparação a métodos tradicionais, por possibilitar a visualização de diversas estruturas anatômicas de maneira imersiva, além de prover uma melhor dinâmica e interatividade por meio da manipulação e visualização de órgãos e sistemas de várias vistas e ângulos. Apesar do grande potencial, devido à falta de habilidade, ou, ainda, devido ao costume e familiaridade com livros de atlas de anatomia, alguns estudantes podem optar por não aderir a *softwares* 3D, o que não afeta o aprendizado, com resultados em avaliações bem próximos daqueles que utilizam a realidade virtual. Contudo, é evidente que o uso integrado dessa abordagem pode contribuir para a eficiência do aprendizado e satisfação com o conhecimento obtido (Niu *et al.*, 2025; Pagels *et al.* 2024; Ben Hammouda *et al.*, 2025).

Além dessas ferramentas, a impressão 3D e as técnicas de gamificação podem garantir um melhor entendimento, compreensão e fixação do aprendizado. A impressão 3D foi utilizada em aulas sobre fraturas ósseas, apresentando modelos com variados tipos de rupturas e em diferentes ossos, possibilitando uma melhor visualização e entendimento em comparação com imagens de raios-X. Os participantes do estudo ainda afirmam que enquanto essa é uma nova experiência, ela foi capaz de auxiliar na compreensão da correlação entre os ossos e ainda uma melhor orientação espacial para aplicações clínicas. Além disso, essa metodologia foi capaz de gerar maior animação nos estudantes, auxiliando-os em um entendimento melhor e mais adequado do assunto (Agarwal *et al.*, 2025).

Já a gamificação é um grande ponto de interesse para estudantes. Ela permite uma interatividade ainda maior e a possibilidade de exercitar o conteúdo prático aprendido de uma maneira mais divertida. Os alunos conseguem rapidamente se acostumar e ajustar aos componentes dos jogos, devido à facilidade e intuitividade

das aplicações. Além disso, aplicações com componentes de gamificação variados têm sido desenvolvidos, compreendendo desde a promoção de torneios contra outros usuários até a implementação de IA, que pode colaborar positivamente para auxiliar os estudantes provendo *feedback* e recomendações, identificando aspectos que podem melhorar ou pontos que necessitem de um maior estudo. É possível ainda integrar essas aplicações com o acompanhamento dos professores, permitindo que visualizem o desenvolvimento dos alunos por meio de parâmetros obtidos a partir da gamificação. De maneira geral, essa ferramenta tem grande potencial por ser intuitiva, fácil e capaz de integrar a diversão com o aprendizado, colaborando para uma maior aquisição de conhecimentos na área de anatomia humana (Tran *et al.*, 2025; Castellano *et al.*, 2024).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise dos resultados obtidos nas pesquisas, é possível afirmar que a utilização das ferramentas citadas pode contribuir diretamente para um desempenho melhor de alunos de ensino superior. A metodologia, facilidade de aplicação, acessibilidade e adesão à técnica variam de acordo com cada método. Entretanto, mesmo alguns métodos apresentam maior eficiência que outros, foi possível observar melhorias na compreensão, maior satisfação e segurança por parte dos alunos em todas as técnicas.

Tendo isso em vista, é importante ressaltar que essas ferramentas têm restrições, muitas vezes relacionadas à técnica necessária para sua aplicação, ou, ainda, a dificuldade de acesso às metodologias em algumas faculdades. Apesar disso, quando seja possível sua aplicação de maneira complementar às ferramentas tradicionais, essas ferramentas dispõem de potencial para colaborarem consideravelmente para o entendimento e envolvimento dos alunos no aprendizado e estudos sobre as estruturas anatômicas e sua diferenciação.

Algumas limitações encontradas durante esta pesquisa estão ligadas à quantidade restrita de pesquisa com evidências mais claras e robustas quanto ao tema. Considerando que as ferramentas analisadas envolvem metodologias e programas recentes, há ainda uma escassez de estudos, com uma amostragem e envolvimento maior de participantes, realizados em períodos mais longos para que culminem em resultados ainda mais confiáveis, garantindo maior representatividade e diversificação. Faz-se, pois, necessário que pesquisas futuras envolvam uma pesquisa analítica mais fundamentada do potencial dessas metodologias, de maneira mais duradoura, visando a superar limitações como essas, de modo a fornecer uma base mais sólida para a avaliação.

Em geral, mesmo com limitações, é possível observar que os estudantes apresentam maior grau de satisfação ao entrarem em contato com métodos alternativos de ensino de anatomia humana, colaborando diretamente para um maior foco e uma maior atenção, impactando positivamente no aprendizado e fixação do conteúdo abordado. Entender que a utilização de ferramentas inovadoras tem potencial para melhorar a qualidade do ensino e aprendizado pode ser a chave para uma educação mais eficiente dentro da área da anatomia humana, possibilitando um conhecimento mais elaborado nas áreas teóricas, práticas e clínicas.

REFERÊNCIAS

ABOREGELA, Adel M. *et al.* Virtual dissection applications in learning human anatomy: international medical students' perspectives. **BMC Medical Education**, v. 24, n. 1, 2024. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1186/s12909-024-06218-z>>. Acesso em: 20 ago 2025

AGARWAL, Abhishek *et al.* Introducing 3D printed models of fractures in osteology learning improves clinical reasoning skills among first-year medical students: a pilot study. **BMC Medical Education**, v. 25, n. 1, 2025. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1186/s12909-025-06746-2>>. Acesso em: 20 ago 2025

BETT, Angelita Mocelin; KIELING, Ana Paula; TEZZA, Rafael. Fatores de aceitação do mobile learning no ensino superior: uma revisão sistemática. **Revista Internacional de Educação Superior**, v. 12, p. e026033, 2025. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.20396/riesup.v12i00.8676637>>. Acesso em: 20 ago 2025

BUCAREY-ARRIAGADA, S. *et al.* Aprendizaje Activo. Incorporación de Técnicas de Ultrasonido para la Enseñanza de la Anatomía Humana a Estudiantes de Ciencias de la Salud. **Revista Internacional de Morfología [International Journal of Morphology]**, v. 42, n. 6, p. 1597-1603, 2024. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4067/s0717-95022024000601597>>. Acesso em: 20 ago 2025

CASTELLANO, Mónica Stambuk *et al.* Empowering human anatomy education through gamification and artificial intelligence: An innovative approach to knowledge appropriation. **Clinical Anatomy (New York/N.Y.)**, v. 37, n. 1, p. 12-24, 2024. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/ca.24074>>. Acesso em: 20 ago 2025

CHOI, Seo Yi *et al.* Anatomy education potential of the first digital twin of a Korean cadaver. **PloS One**, v. 20, n. 3, p. e0305679, 2025. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0305679>>. Acesso em: 25 ago 2025

CORNWALL, Jon *et al.* Ethical concerns surrounding artificial intelligence in anatomy education: Should AI human body simulations replace donors in the dissection room? **Anatomical Sciences Education**, v. 17, n. 5, p. 937-943, 2024. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/ase.2335>>. Acesso em: 25 ago 2025

CUSCHIERI, Sarah; NARNAWARE, Yuwaraj. Improving physiotherapy students' anatomy learning experience and short-term knowledge retention – An observational study in Malta. **Anatomical Sciences Education**, v. 16, n. 6, p. 1134-1143, 2023. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/ase.2307>>. Acesso em: 25 ago 2025

DECI, Edward L.; RYAN, Richard M. **Intrinsic motivation and self-determination in human behavior**. 1985. ed. Nova Iorque/NY/USA: Kluwer Academic/Plenum, 1985.

DING, Kewen *et al.* The effect of simulation of sectional human anatomy using ultrasound on students' learning outcomes and satisfaction in echocardiography education: a pilot randomized controlled trial. **BMC Medical Education**, v. 24, n. 1, 2024. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1186/s12909-024-05337-x>>. Acesso em: 25 ago 2025

EMADZADEH, Ali *et al.* Virtual dissection: An educational technology to enrich medical students' learning environment in gastrointestinal anatomy course. **Medical Science Educator**, v. 33, n. 5, p. 1175-1182, 2023. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s40670-023-01867-z>>. Acesso em: 25 ago 2025

HAMMOUDA, Sana Ben; MAOUA, Maher; BOUCHAHMA, Majed. The effectiveness of VR-based human anatomy simulation training for undergraduate medical students. **BMC Medical Education**, v. 25, n. 1, 2025. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1186/s12909-025-07402-5>>. Acesso em: 30 ago 2025

HECHT-LÓPEZ, Pedro; MATURANA-ARANCIBIA, Juan Carlos; PARRA-VILLEGAS, Eduardo. Nuevos Recursos Digitales y 3D en la Enseñanza de Anatomía. Experiencia Internacional Reportada en el "Sectra Users Meeting 2019", Karolinska Institutet, Suecia, antes de la Pandemia de COVID-19. **Revista Internacional de Morfología [International Journal of Morphology]**, v. 41, n. 3, p. 690-698, 2023. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4067/s0717-95022023000300690>>. Acesso em: 30 ago 2025

KOLB, David A. **Experiential learning: Experience as the source of learning and development**. Upper Saddle River/NJ/USA: Financial Times Prentice Hall, 1983.

MAYER, Richard E. **Multimedia learning**. 3. ed. Cambridge/England: Cambridge University Press (Virtual Publishing), 2020.

NATH, Sutia Indra; ANURADHA, Baruah; DILIP, Bordoloi. A study on making models in anatomy. **Paripex Indian Journal of Research**, p. 85–87, 2021. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.36106/paripex/5303381>>. Acesso em: 30 ago 2025

NIU, Shuliang *et al.* Enhancing anatomy education with virtual reality: integrating three-dimensional models for improved learning efficiency and student satisfaction. **Frontiers in Medicine**, v. 12, n. 1555053, 2025. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3389/fmed.2025.1555053>>. Acesso em: 30 ago 2025

PAGELS, Larissa; ESCHKE, Robert-Christopher; LUEDTKE, Kerstin. Effectiveness of digital and analog learning methods for learning anatomical structures in physiotherapy education. **BMC Medical Education**, v. 24, n. 1, 2024. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1186/s12909-024-05484-1>>. Acesso em: 30 ago 2025

PAIVIO, Allan. **Mental representations: A dual coding approach**. Nova Iorque/NY/USA: Oxford University Press, 1986.

ŞİŞÜ, Alina Maria *et al.* Blending tradition and innovation: Student opinions on modern anatomy education. **Education Sciences**, v. 14, n. 11, p. 1150, 2024. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/educsci14111150>>. Acesso em: 30 ago 2025

SONG, Yong Keun; JO, Dong Hyun. Current and potential use of fresh frozen cadaver in surgical training and anatomical education. **Anatomical Sciences Education**, v. 15, n. 5, p. 957-969, 2022. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/ase.2138>>. Acesso em: 30 ago 2025

SWELLER, J. Cognitive load during problem solving: Effects on learning. **Cognitive Science**, v. 12, n. 2, p. 257-285, 1988. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/0364-0213\(88\)90023-7](http://dx.doi.org/10.1016/0364-0213(88)90023-7)>. Acesso em: 30 ago 2025

TRAN, Anthony *et al.* 'SOMS BrainSpace': A digital serious game for undergraduate neuroscience. **Anatomical Sciences Education**, n. ase.70086, 2025. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/ase.70086>>. Acesso em: 30 ago 2025

WANG, Yung-Fu *et al.* Gamification in Medical Education: identifying and prioritizing key elements through Delphi method. **Medical Education online**, v. 29, n. 1, p. 2302231, 2024. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/10872981.2024.2302231>>. Acesso em: 25 ago 2025

WEIMER, Johannes Matthias *et al.* Prospective comparison of static versus dynamic images in abdominal ultrasound education - a randomized controlled trial. **BMC Medical Education**, v. 25, n. 1, 2025. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1186/s12909-025-07711-9>>. Acesso em: 25 ago 2025

WICKRAMASINGHE, Nilmini; THOMPSON, Bruce R.; XIAO, Junhua. The opportunities and challenges of digital anatomy for medical sciences: Narrative review. **JMIR Medical Education**, v. 8, n. 2, p. e34687, 2022. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2196/34687>>. Acesso em: 25 ago 2025

ZEITOUNI, Ferris *et al.* Integration of point of care ultrasound into undergraduate Medical Education at Texas Tech University Health Sciences Center School of Medicine: a 6 year review. **BMC Medical Education**, v. 24, n. 1, 2024. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1186/s12909-024-06483-y>>. Acesso em: 25 ago 2025

ZINGG, Lukas *et al.* Using hologram-based augmented reality in anatomy learning: The TEACHANATOMY randomized trial. **Academic Medicine: Journal of the Association of American Medical Colleges**, v. 100, n. 6, p. 695–704, 2025. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1097/ACM.08626050306012>>. Acesso em: 25 ago 2025