

# Realidade Aumentada e Impressão 3D na Saúde: Inovação no Ensino e na Prática Médica

Marina M. C. Dias<sup>1</sup>, Gustavo M. S. Angelo<sup>1</sup>, Maria Verônica Ferreira<sup>1</sup>,  
Guilherme D. O. Silva<sup>1</sup>, Anne Karolyne Caetano<sup>1</sup>, Renata I. S. Pereira<sup>1</sup>,  
Sandro C. S. Jucá<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Alagoas (IFAL) - Brasil

<sup>2</sup>Instituto Federal do Ceará (IFCE) - Brasil

{mmcd1, gmsa1, mvf4, gdos1, akc1} @aluno.ifal.edu.br,  
renata.pereira@ifal.edu.br, sandrojuca@ifce.edu.br

**Abstract.** *This article explores the integrated use of 3D printing and augmented reality (AR) as pedagogical and technological tools in the Health field. The adopted methodology follows an interdisciplinary approach involving Health, Biomedical Engineering, and Educational Technology. Anatomical models were created with 3D-modeling software such as Fusion 360 and Blender, then printed in affordable materials (e.g., PLA) in the institution's maker lab. In parallel, the free, in-house Itreal tool was employed to provide immersive AR experiences, expanding the educational proposal's reach and accessibility.*

**Resumo.** *Este artigo explora o uso integrado da impressão 3D e da realidade aumentada (RA) como ferramentas pedagógicas e tecnológicas aplicadas à área da Saúde. A metodologia adotada baseia-se em uma abordagem interdisciplinar, envolvendo áreas como Saúde, Engenharia Biomédica e Tecnologia Educacional. A produção de modelos anatômicos foi realizada com softwares de modelagem 3D como Fusion 360 e Blender, com posterior impressão em materiais acessíveis (como o PLA) no laboratório maker da instituição. Paralelamente, a ferramenta gratuita e autoral Itreal foi utilizada para promover experiências imersivas em RA, o que ampliou o alcance e a acessibilidade da proposta educacional.*

## 1. Introdução

O desenvolvimento da tecnologia na área da saúde, possui avanços significativos em uma velocidade cada vez maior. Outrossim, durante e após a pandemia global do coronavírus no ano de 2020, a sociedade passou a desenvolver soluções rápidas e práticas em meios digitais. Desse modo, soluções tecnológicas com um baixo custo na área da saúde, é uma base fundamental para tornar essas novidades possíveis em um tempo rápido.

Segundo a Associação Brasileira de Startups (Abstartups), o uso da inovação no setor da saúde é amplo e aparentemente interminável e sua tendência é de um crescimento contínuo. A autora enfatiza que a tecnologia está por toda parte, desde os processos administrativos do hospital, até cirurgias complexas como a do câncer, com o intuito de melhorar a eficiência nos setores e tornar o tratamento do paciente o mais confortável e

indolor possível. A autora também enfatiza que a Realidade Aumentada (RA) e a Realidade Virtual (RV), estão auxiliando médicos e cirurgiões na execução de procedimentos, além de possibilitar o aprimoramento de novas técnicas operatórias [CARRILO nd].

Pensando no ensino da saúde, com a utilização de dispositivos de RA com a finalidade de visualizar estruturas anatômicas, profissionais e estudantes da área são capazes de aprimorar a compreensão, proporcionando melhores resultados de aprendizagem. A integração dessa tecnologia em procedimentos cirúrgicos, oferece orientação em tempo real aos profissionais durante os procedimentos, através disso, ocorre o uso de metodologias ativas, que proporcionam uma interação lúdica entre o aluno e o conhecimento e gera acessibilidade tendo em vista que ao fazer o uso de dispositivos móveis, alcança um público mais amplo sem agregar custos.

A RA baseia-se em mesclar o ambiente virtual ao físico, promovendo uma sensação de imersão. Para alcançar esse efeito, a modelagem de imagens 3D virtuais é fundamental e, ao mesmo tempo, um grande desafio, pois seu grau de detalhamento afeta diretamente a profundidade da experiência. Desse modo, os modelos inseridos devem se integrar de forma harmônica ao espaço físico, conferindo maior veracidade à aplicação.

Para possibilitar a implementação da RA em ambientes educacionais e inovadores na área da saúde de forma gratuita e prática, o presente artigo aborda como essas tecnologias são revolucionárias e como podem contribuir para o avanço da educação na saúde, serão discutidas aplicações em diversas áreas evidenciando os benefícios didáticos. Além disso, o artigo também enfatiza desafios que são enfrentados e aponta tendências futuras, e como podem revolucionar o ensino.

## **2. Fundamentação Teórica**

A crescente evolução das tecnologias digitais no processo educacional tem gerado discussões sobre sua aplicação na prática pedagógica. Nas subseções a seguir, serão descritas as aplicações e tecnologias mais recentes aplicadas ao ensino em saúde.

### **2.1. Impressão 3D e Educação em Saúde: Uma Revolução Didática.**

No ensino de anatomia humana, as imagens auxiliam na identificação das estruturas anatômicas, melhorando a compreensão sobre localização, morfologia, fisiologia e funcionalidade. Embora as tecnologias digitais tenham se atualizado e o conteúdo de anatomia esteja disponível em diversos meios, é necessário avaliar se essas ferramentas estão atendendo às expectativas dos alunos quanto à aprendizagem dos conteúdos essenciais para sua formação.

Um grande desafio para as instituições de ensino superior é formar profissionais de saúde com um perfil crítico-reflexivo e criativo. É necessário repensar a prática educacional no ensino de anatomia e criar alternativas que permitam maior interação com a realidade profissional. No entanto, muitas instituições enfrentam dificuldades no acesso a cadáveres devido a fatores financeiros, religiosos, culturais e legais. A falta de experiência prática com cadáveres pode comprometer a compreensão tridimensional do corpo humano. Para suprir essa deficiência, as instituições têm adotado alternativas como o uso da impressão 3D.

As escolas médicas utilizam alternativas como modelos de plástico, amostras plastinadas, programas virtuais e imagens médicas para substituir peças cadavéricas. Os mo-

delos plásticos são rígidos e pouco detalhados, enquanto as amostras plastinadas, apesar de realistas, são caras e frágeis. Representações digitais fornecem detalhes visuais, mas não oferecem a experiência tátil dos modelos físicos. Nesse contexto, a impressão de peças anatômicas surge como uma solução promissora, permitindo maior interação e superando limitações dos métodos anteriores. Além disso, são acessíveis, de fácil reprodução e contribuem para um ensino mais eficiente.

## **2.2. Principais tecnologias de impressão 3D aplicadas ao ensino médico**

A impressão 3D tem revolucionado as ciências biomédicas, sendo amplamente utilizada na fabricação de biomodelos, dispositivos médicos e implantes. No ensino da anatomia, essa tecnologia tem sido aplicada para a criação de peças anatômicas altamente detalhadas, permitindo que os alunos explorem estruturas complexas de forma interativa.

Diferentes técnicas de impressão 3D são empregadas na produção desses modelos, variando conforme o material e a precisão necessária [Produtec 2022]. Entre as mais utilizadas no ensino médico, destacam-se:

- Estereolitografia (SLA): Produz modelos de alta resolução com detalhes minuciosos, ideais para estruturas pequenas e delicadas.
- Fabricação por Filamento Fundido (FDM): Método acessível e econômico, utilizado para criar modelos anatômicos de grande escala.
- Sinterização Seletiva a Laser (SLS): Permite a fabricação de peças com maior resistência mecânica, adequadas para simulações cirúrgicas.

A adoção dessas tecnologias tem proporcionado avanços significativos na qualificação do ensino médico. A possibilidade de manipular modelos impressos em 3D aprimora a compreensão das estruturas anatômicas e facilita a assimilação dos conteúdos, contribuindo para a formação de profissionais mais capacitados.

Diante disso, este estudo busca investigar o impacto da impressão 3D no ensino de anatomia, analisando sua influência na qualidade do aprendizado e na experiência dos alunos. A incorporação dessa tecnologia representa um passo importante na modernização do ensino das ciências da saúde, oferecendo soluções inovadoras para os desafios educacionais atuais.

A tecnologia de impressão 3D tem ganhado cada vez mais espaço como uma ferramenta inovadora na área da saúde, trazendo impactos significativos tanto no ensino da anatomia quanto na prática clínica e na pesquisa biomédica. Sua principal vantagem está na possibilidade de produzir modelos físicos personalizados, que representam com grande precisão estruturas anatômicas e funcionais do corpo humano. Isso tem contribuído de forma expressiva para o processo de ensino-aprendizagem, além de facilitar a capacitação técnica de estudantes e profissionais da saúde. O acesso a esses modelos permite que o aprendizado ocorra de maneira mais autônoma e prática, sem a necessidade constante da presença de um supervisor, já que se trata de uma simulação fiel da realidade, mas sem os riscos ou limitações associados ao manuseio de corpos reais.

## **2.3. Ensino de Anatomia**

No ensino da anatomia, a impressão 3D tem se mostrado uma aliada poderosa. A partir de exames como tomografia computadorizada (TC) e ressonância magnética (RM), é

possível desenvolver modelos detalhados das estruturas internas do corpo humano. Esses modelos oferecem uma visualização tridimensional que facilita a compreensão da disposição espacial dos órgãos e sistemas (Figura 1). Para muitos estudantes, especialmente aqueles de instituições que enfrentam limitações quanto ao uso de cadáveres, esses modelos tornam o aprendizado mais acessível e eficaz [SILVA et al. 2023].



**Figura 1. Peça original à esquerda e peça reproduzida com a impressão 3D à direita. Fonte: [ALENCAR 2024]**

Outra vantagem importante é a possibilidade de personalização. Os modelos podem ser adaptados de acordo com os objetivos didáticos, permitindo, por exemplo, a criação de peças específicas para o estudo do sistema cardiovascular, do sistema nervoso ou do sistema musculoesquelético. Isso contribui diretamente para o desenvolvimento da percepção tátil e da noção espacial dos estudantes, algo que muitas vezes é limitado nas abordagens tradicionais, baseadas apenas em imagens bidimensionais [COSTA et al. 2022].

#### **2.4. Simulação Cirúrgica e Procedimentos Médicos**

Além do uso no ensino teórico, a impressão 3D tem sido amplamente utilizada em contextos clínicos, especialmente na simulação de procedimentos médicos e cirúrgicos. A fabricação de modelos que replicam com precisão estruturas ósseas e tecidos moles oferece uma excelente oportunidade para treinamento técnico e planejamento pré-operatório. Muitos desses modelos são desenvolvidos com base em dados reais de pacientes, o que possibilita simulações extremamente fiéis à realidade clínica. Isso tem contribuído para reduzir riscos durante as cirurgias e aumentar a precisão das intervenções [MORAES et al. 2021].

Na prática, é possível utilizar modelos impressos de vias aéreas — como traquéias e brônquios — para o treinamento de intubação orotraqueal. Esses modelos permitem que os profissionais desenvolvam suas habilidades motoras de forma segura, em um ambiente controlado. Procedimentos como punções, drenagens e cirurgias minimamente invasivas também têm se beneficiado muito com esses recursos. Isso se deve ao fato de que os materiais utilizados na impressão 3D podem simular a resistência e textura dos tecidos humanos, trazendo uma experiência de aprendizado muito mais próxima da realidade [LOPES et al. 2023].

#### **2.5. Odontologia e Estomatologia**

Na odontologia, a impressão 3D tem se consolidado como uma ferramenta essencial para o planejamento e execução de procedimentos clínicos e laboratoriais. Uma de suas principais aplicações está na confecção de modelos de arcadas dentárias, gengivas e estruturas

ósseas da face, que são usados para treinamento, estudo de casos e simulações de tratamentos. Esses modelos oferecem uma visualização clara e precisa da anatomia bucal, ajudando tanto estudantes quanto profissionais a se familiarizarem com os detalhes estruturais do paciente antes de intervir clinicamente.

Além disso, a tecnologia CAD/CAM (Desenho e Fabricação Assistidos por Computador) tem sido amplamente integrada aos fluxos de trabalho odontológicos. Com ela, é possível desenvolver próteses, alinhadores ortodônticos, guias cirúrgicos e outras peças com precisão milimétrica, garantindo melhores resultados estéticos e funcionais. Essa abordagem também reduz significativamente o tempo de produção e os custos laboratoriais, uma vez que dispensa moldagens manuais e etapas intermediárias mais trabalhosas [YLLER 2022]. Outra vantagem relevante é a possibilidade de personalização dos dispositivos para cada paciente, o que melhora o conforto, a adaptação e os resultados dos tratamentos. Com isso, o atendimento se torna mais eficiente e personalizado, refletindo diretamente na satisfação do paciente e na qualidade do cuidado prestado [ANDRADE et al. 2023].

## **2.6. Farmácia e Produção de Medicamentos**

No campo da farmácia, a impressão 3D está abrindo caminhos promissores, especialmente na produção de medicamentos personalizados. Diferentemente das técnicas tradicionais de fabricação em massa, a impressão 3D permite criar comprimidos sob medida, com dosagens específicas, formatos diferenciados e liberação controlada de princípios ativos, adaptando-se às necessidades de cada paciente.

Essa possibilidade é especialmente útil em tratamentos voltados para crianças, idosos e pessoas com comorbidades, que muitas vezes necessitam de ajustes finos na dosagem ou de medicamentos em formas mais fáceis de ingerir. Além disso, essa tecnologia também viabiliza a fabricação de polipílulas, ou seja, comprimidos que combinam diferentes substâncias ativas, otimizando o tratamento e reduzindo o número de administrações diárias [FERREIRA et al. 2022].

Outro ponto importante é a aplicação da impressão 3D em ambientes hospitalares e farmacêuticos, onde há demanda por medicamentos sob demanda — especialmente em casos raros ou tratamentos altamente personalizados. A flexibilidade proporcionada por essa tecnologia reduz o desperdício, melhora o controle terapêutico e amplia o acesso a tratamentos individualizados [SILVA and OLIVEIRA 2023].

## **3. Metodologia da Experiência Desenvolvida**

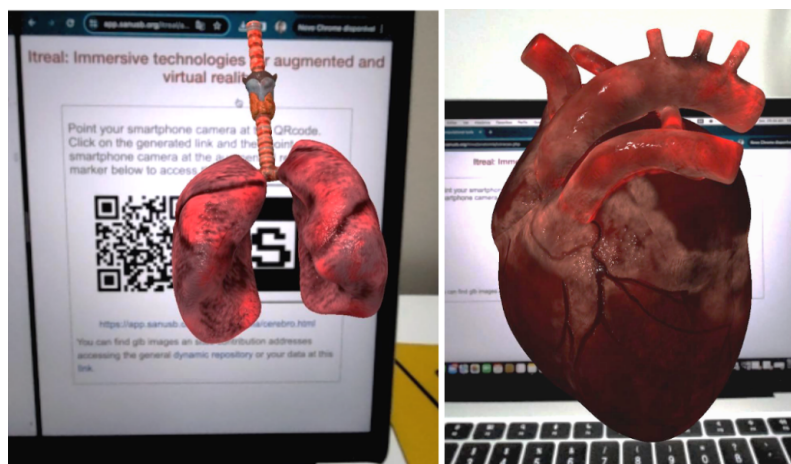
A aplicação da RA e da Impressão 3D na área da saúde tem proporcionado avanços significativos, sobretudo ao superar as limitações da visualização bidimensional oferecida por livros didáticos e exames tradicionais. Ao permitir representações tridimensionais, essas tecnologias favorecem uma compreensão mais intuitiva e aprofundada da funcionalidade do corpo humano e de sua complexidade. Em especialidades como a ortopedia, os benefícios são notáveis: é possível criar modelos anatômicos precisos, visualizar fraturas e deformidades com mais clareza e analisar cada caso de forma individualizada e detalhada. Com isso, os profissionais da saúde conseguem planejar intervenções com maior precisão, resultando em melhores desfechos para os pacientes.

A RA tem se destacado como uma das tecnologias emergentes mais inovadoras na área da saúde, especialmente no que se refere ao ensino e à prática clínica. Trata-se de uma tecnologia que permite a integração de elementos virtuais ao ambiente físico, em tempo real, por meio de dispositivos móveis ou vestíveis, como smartphones, tablets e óculos de RA. Essa integração possibilita uma abordagem mais dinâmica e visual para a compreensão de conteúdos complexos, favorecendo a aprendizagem ativa no ensino de anatomia, fisiologia e procedimentos clínicos [ELIAS et al. 2023].

No contexto educacional, a RA tem sido utilizada para projetar estruturas anatômicas tridimensionais sobre superfícies físicas, facilitando a visualização espacial de órgãos e sistemas, o que aumenta a retenção do conteúdo por parte dos estudantes [OUN 2024]. Além disso, a utilização de RA no treinamento de habilidades clínicas permite a simulação de procedimentos como coletas, punções e cirurgias, promovendo o desenvolvimento técnico de forma segura e controlada [SANTOS and SOUZA 2020]. Em ambientes hospitalares, a RA também tem sido aplicada para a visualização de imagens diagnósticas sobre o corpo do paciente em tempo real, otimizando o planejamento cirúrgico e a tomada de decisões intraoperatórias [LEMOS et al. 2021].

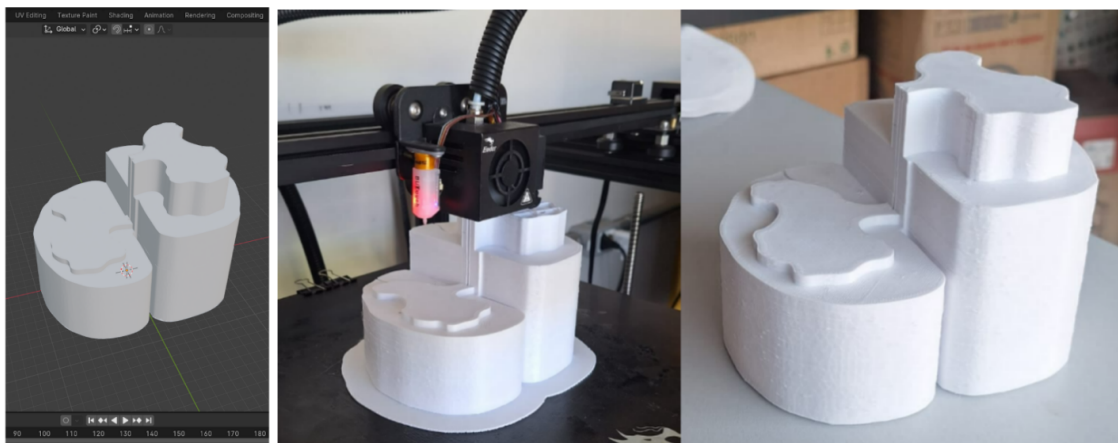
A combinação da RA com outras tecnologias, como a inteligência artificial e a impressão 3D, fortalece a tendência de desenvolvimento de soluções personalizadas e interativas, contribuindo para a formação de profissionais mais preparados e para uma assistência em saúde mais segura e eficaz. Com o objetivo de tornar a RA acessível, interativa e aplicável em contextos educacionais e de inovação na área da saúde, este artigo apresenta também o desenvolvimento da ferramenta Itreal, demonstrando seu potencial para estimular a aprendizagem criativa e a busca por soluções inovadoras.

Itreal (*Immersive Technologies for Augmented and Virtual Reality*) é uma ferramenta educacional simples e gratuita de introdução à Realidade Aumentada para crianças, jovens e adultos, baseada em Internet das Coisas (IoT, do inglês *Internet of Things*), que funciona utilizando navegadores Web convencionais como Google Chrome ou Mozilla Firefox e não exige conhecimentos prévios em programação, nem a necessidade de instalar aplicativos [ITREAL 2024]. A Figura 2 apresenta modelos de pulmão e coração em RA produzidos com a ferramenta Itreal.



**Figura 2. Modelos em RA produzidos com a ferramenta Itreal**

Resultados iniciais da presente pesquisa desenvolvida no laboratório maker Espaço 4.0 do Ifal Arapiraca, referem-se a cortes da medula espinal que evidenciam diferentes estruturas da mesma. A Figura 3 apresenta as etapas de modelagem e de impressão 3D de um corte transversal da medula espinal, evidenciando com precisão as fissuras e sulcos característicos das substâncias cinzenta e branca, bem como a localização do canal central, contribuindo para a compreensão morfofuncional dessa estrutura no contexto do ensino em saúde.



**Figura 3. Modelagem e Impressão 3D do corte transversal de uma medula espinal**

A impressão 3D tem tido um grande avanço na educação na área da saúde, como uma ferramenta inovadora na educação em saúde, proporcionando vários modelos anatômicos precisos para o ensino e treinamento de profissionais. No entanto, a sua implementação ainda enfrenta vários desafios e limitações que necessitam ser superadas para ampliar seu impacto.

Um dos principais obstáculos é o alto custo da tecnologia. Fabricação aditiva de qualidade médica, bem como os materiais mais específicos para a produção de modelos anatômicos realistas, requerem um grande investimento significativo para as instituições de ensino. Além disso, tem o custo da manutenção dos equipamentos e a utilização constante da tecnologia também podem gerar despesas adicionais.

Embora o custo inicial da impressão 3D possa ser uma barreira para instituições educacionais em saúde, essa tecnologia também apresenta benefícios em termos de baixo custo a longo prazo. Aqui estão algumas vantagens relacionadas ao custo:

- Redução de custos com materiais descartáveis: Modelos anatômicos impressos em 3D podem substituir itens descartáveis ou modelos comerciais caros.
- Menos necessidade de corpos cadavéricos: A impressão 3D permite criar modelos anatômicos realistas, reduzindo a dependência de cadáveres, cuja utilização é impactada por fatores religiosos e legais, bem como exigem cuidados especiais de conservação.
- Reutilização e personalização: Diferente de modelos convencionais, os impressos em 3D podem ser reutilizados diversas vezes e personalizados para atender às necessidades específicas de ensino.
- Acessibilidade crescente da tecnologia: Impressoras 3D estão se tornando mais

acessíveis, e materiais de impressão, como PLA e resinas, também estão reduzindo de preço, permitindo que mais instituições adotem essa tecnologia.

#### **4. Considerações Finais**

A impressão 3D tem se consolidado como uma tecnologia inovadora no ensino das ciências da saúde, oferecendo soluções para desafios históricos na aprendizagem da anatomia. Ao permitir a criação de modelos anatômicos precisos e tridimensionais, essa tecnologia melhora a compreensão da disposição espacial dos órgãos e sistemas, tornando o ensino mais interativo e acessível, especialmente para instituições com limitações no uso de peças biológicas.

Além do impacto na Educação, a impressão 3D tem demonstrado grande potencial na prática clínica, sendo amplamente utilizada na simulação cirúrgica, odontologia e desenvolvimento de próteses personalizadas. Essa versatilidade contribui para um aprendizado mais dinâmico e para avanços na qualidade dos tratamentos médicos. Apesar dos desafios, como a necessidade de capacitação profissional e a integração com outras áreas, a impressão 3D representa um caminho promissor para o ensino e a prática da saúde. Investimentos contínuos em pesquisa e desenvolvimento são essenciais para expandir seu uso e maximizar seus benefícios, garantindo um impacto positivo na formação de profissionais e na assistência aos pacientes.

##### **4.1. Curva de aprendizado para professores e alunos**

A aplicação dessas tecnologias exige a integração entre as áreas da Saúde e das Engenharias, em especial a Engenharia Biomédica, o que pode representar um desafio tanto para professores quanto para alunos. Essa interdisciplinaridade, embora enriquecedora, demanda tempo para adaptação, capacitação e familiarização com novas ferramentas e linguagens técnicas.

A utilização da impressão 3D exige o domínio de softwares de modelagem, como Fusion 360, Blender e Tinkercad, que nem sempre fazem parte da formação tradicional dos profissionais da saúde. Para os professores, isso significa a necessidade de treinamento adicional para compreender as técnicas de modelagem e impressão, além da adaptação dos conteúdos para incorporar essa nova tecnologia ao ensino. Para os alunos, a curva de aprendizado pode ser ainda mais desafiadora, pois precisam assimilar conceitos de design tridimensional e processos de fabricação, ao mesmo tempo em que estudam disciplinas médicas complexas.

Outro desafio é a curva de aprendizado associada ao uso da manufatura aditiva. Tanto professores quanto alunos precisam adquirir um maior conhecimento sobre a modelagem digital, seleção de materiais adequados das impressoras, para ocorrer problemas. Sem treinamento adequado, a utilização eficaz dessa tecnologia pode ser comprometida, assim limitado os benefícios educacionais que deveria ter.

Além dos desafios técnicos e financeiros, há questões regulatórias e éticas a serem consideradas. O uso de modelos baseados em imagens reais de pacientes levanta preocupações relacionadas à privacidade e ao consentimento informado. É essencial que as instituições sigam diretrizes rigorosas para que garanta que a aplicação da tecnologia respeite os direitos dos pacientes e esteja em conformidade com as regulamentações.



## 4.2. Futuro da impressão 3D na educação médica e saúde

Apesar dos desafios atuais, o futuro da manufatura aditiva na educação em saúde é promissor, com avanços tecnológicos que têm o potencial de transformar significativamente a formação e a prática médica.

Uma tendência emergente é a integração da fabricação aditiva com tecnologias de RA e RV. Essa combinação permitirá que estudantes e profissionais interajam com modelos tridimensionais de maneira imersiva, aprimorando o entendimento de estruturas anatômicas complexas e facilitando o treinamento de procedimentos médicos em um ambiente controlado e seguro.

A impressão 3D com plástico revolucionou a manufatura e o design, permitindo a criação rápida e acessível de peças personalizadas. Esse processo é amplamente utilizado em diversas áreas, desde a prototipagem industrial até a fabricação de próteses médicas e objetos do dia a dia. Com materiais como PLA, ABS e PETG, a manufatura aditiva oferece soluções versáteis e sustentáveis, principalmente quando se utilizam plásticos biodegradáveis ou recicláveis.

No entanto, o futuro da manufatura aditiva aponta para a bioimpressão, uma tecnologia emergente que possibilita a criação de tecidos vivos. Utilizando bio-tintas compostas por células e biomateriais, a bioimpressão tem potencial para revolucionar a medicina regenerativa, permitindo a fabricação de órgãos e tecidos sob medida para transplantes e testes farmacêuticos. Embora ainda enfrente desafios tecnológicos, a tendência é que essa inovação avance cada vez mais, trazendo aplicações médicas inéditas e tornando possível a criação de estruturas biológicas funcionais no futuro.

Além disso, a disseminação da manufatura aditiva em instituições de ensino de países em desenvolvimento pode democratizar o acesso a recursos educacionais avançados. Com a redução dos custos tecnológicos e a disponibilidade crescente de softwares de modelagem gratuitos, escolas e universidades ao redor do mundo poderão incorporar a manufatura aditiva em seus currículos, enriquecendo o ensino da saúde e preparando melhor os futuros profissionais.

Contudo, para que essa transformação seja efetiva e amplamente adotada, é fundamental que haja maior interlocução com políticas públicas voltadas à Educação e à Saúde, de forma a incentivar a incorporação dessas tecnologias em instituições públicas. O fomento a iniciativas interdisciplinares, o investimento em infraestrutura tecnológica e a criação de programas de capacitação continuada são estratégias fundamentais para consolidar a cultura maker no ensino em saúde, ampliando o acesso, a equidade e a qualidade na formação de profissionais.

## Referências

- ALENCAR, B. d. (2024). Projeto inovador do curso de medicina da ufgd utiliza impressão 3d para aprimorar ensino e prática médica. Accessed: 2025-03-31.
- ANDRADE, M. T. et al. (2023). Tecnologia cad/cam e impressão 3d na odontologia: panorama atual e perspectivas futuras. *Dental Journal of Brazil*, 11(2):101–114.
- CARRILO, A. F. (n.d.). Health techs: tecnologia aliada a prevenção e saúde. Accessed: 2024-04-20.

- COSTA, D. F. et al. (2022). Modelos anatômicos 3d como ferramenta pedagógica no ensino superior em saúde. *Ensino em Ciências e Tecnologia*, 15(2):45–58.
- ELIAS, L. A. A. et al. (2023). Aplicações da realidade aumentada no ensino de ciências da saúde: uma revisão integrativa. *Revista Brasileira de Tecnologias Educacionais*, 16(2):45–58.
- FERREIRA, P. R. et al. (2022). Impressão 3d de formas farmacêuticas: avanços e desafios na personalização da terapia medicamentosa. *Revista de Ciências Farmacêuticas*, 58(1):89–97.
- ITREAL (2024). Itreal: Immersive technologies for augmented and virtual reality. Accessed: 2025-03-26.
- LEMOS, M. J. B. et al. (2021). Realidade aumentada como recurso didático para o ensino em saúde: possibilidades e limitações. *Revista Saúde em Foco*, 9(1):112–125.
- LOPES, J. R. et al. (2023). Realismo em simulações médicas: o papel da impressão 3d na capacitação de profissionais de saúde. *Journal of Simulation and Medical Training*, 12(1):71–80.
- MORAES, R. C. et al. (2021). Impressão 3d aplicada à cirurgia: uma revisão integrativa. *Arquivos Brasileiros de Cirurgia*, 8(3):155–164.
- OUN, H. A. (2024). Realidade aumentada e a educação médica: perspectivas para um ensino imersivo e interativo. *Journal of Medical Education Technologies*, 5(1):23–34.
- Produtec, M. (2022). Conheça 8 tipos de impressão 3d e suas aplicações. Accessed: 2025-03-31.
- SANTOS, D. A. and SOUZA, T. M. (2020). Aplicações da realidade aumentada na formação de profissionais da saúde: revisão sistemática. *Revista de Educação e Tecnologias em Saúde*, 4(1):79–91.
- SILVA, A. L. et al. (2023). Aplicações da impressão 3d no ensino de anatomia humana: uma revisão sistemática. *Revista Brasileira de Educação Médica*, 47(1):22–31.
- SILVA, L. H. and OLIVEIRA, C. N. (2023). A farmácia do futuro: impressão 3d e a produção de medicamentos sob medida. *Revista Brasileira de Farmácia Hospitalar*, 29(3):180–194.
- YLLER, A. (2022). Impressão 3d na odontologia: inovação no planejamento e execução clínica. *Revista OdontoScience*, 19(4):243–252.