

## Capítulo 11

### **APLICAÇÕES MÉDICO-CIRÚRGICAS DE HOLOIMAGEM: UMA PERSPECTIVA DO PRESENTE PARA O FUTURO NA EDUCAÇÃO ATIVA**

Leonardo Moraes Armesto<sup>1</sup>

Thabata Roberto Alonso<sup>2</sup>

Daniel Souza Ferreira Magalhães<sup>3</sup>

**RESUMO:** A medicina tem avançado na área de tecnologia com a introdução de softwares capazes de trazer alta definição de imagens como ferramenta auxiliar em exames e procedimentos. A holoimagem, imagem com volume e profundidade real, tem sido desenvolvida e aplicada nas áreas cirúrgicas para fins de treinamento e capacitação médica associada a exames de tomografia computadorizada e ressonância magnética. Em salas cirúrgicas híbridas é possível gerar a holoimagem de forma personalizada utilizando os exames de imagem do paciente como matriz formadora da imagem volumétrica. Na área educacional, o uso de holoimagem está diretamente associado ao estudo das perspectivas em anatomia por estudantes. Em um contexto de metodologia ativa, as holoimagens permitem que o professor realize a elucidação do conteúdo proposto de forma interativa através do corte em planos do órgão estudado. A ferramenta também promove que o aluno interaja fora das telas com as figuras formadas em diferentes dimensões, permitindo uma visualização completa do órgão sob diferentes ângulos, estabelecendo assim suas relações de profundidade e a proximidade com estruturas adjacentes. Além disso, a adoção deste tipo de imagem para a didática do ensino médico promove o aumento do engajamento dos estudantes e instiga o interesse no que tange ao estudo da disciplina base para a consolidação da carreira médica. Dentre os desafios a serem superados estão a necessidade de se portar computadores capazes de processar imagens com elevado grau de detalhamento e que sejam responsivos à velocidade

---

<sup>1</sup>Doutor em Engenharia Biomédica (UB). Faculdade Focus. E-mail: leonardo.armesto@faculdadefocus.edu.br

<sup>2</sup>Mestre em Bioengenharia (UB). Faculdade Focus. E-mail: thabata.alonso@faculdadefocus.edu.br

<sup>3</sup>Doutor em Física (Unicamp). Prof. titular da Universidade Brasil (UB). E-mail: daniel.magalhaes@ub.edu.br

aumentada no que se refere a mudança configuracional da holoimagem.

**PALAVRAS-CHAVE:** Holoimagem; Cirurgia Geral; Educação médica.

## 1 Introdução

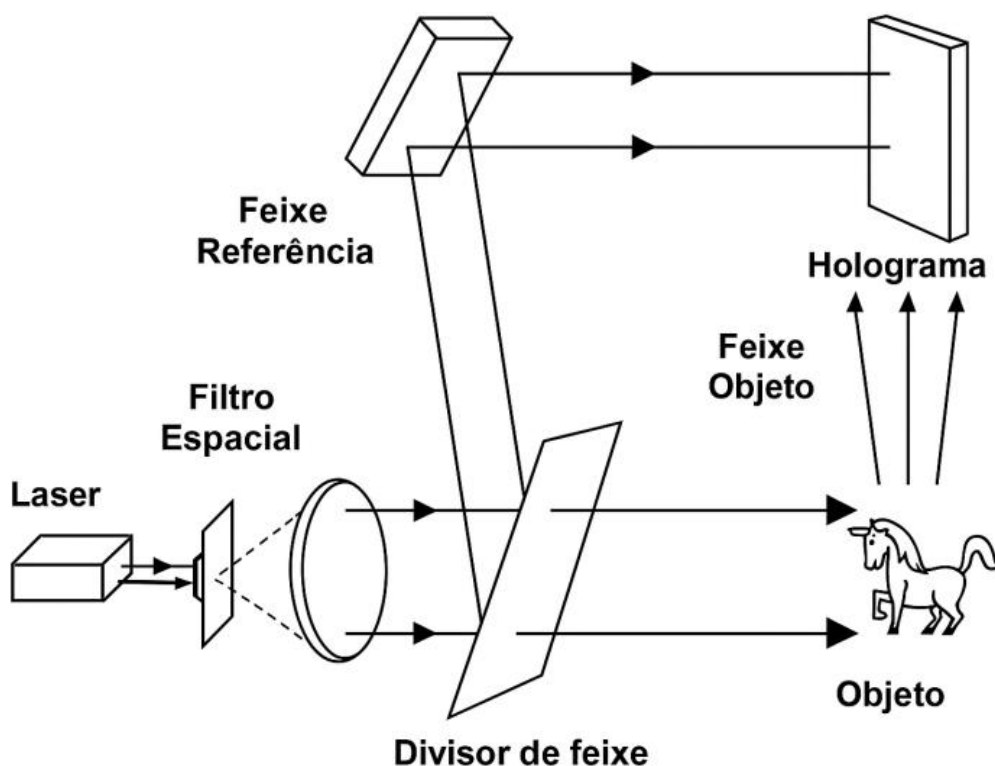
O conceito de holografia pode ser entendido como uma técnica aplicada para a construção de um holograma, isto é, uma imagem em três dimensões construída pelo registro de um padrão de interferência de feixes de luz laser. A citar etimologia de sua palavra, temos que "holos" deriva do grego "todo" e "grama" representa "mensagem" (Barcellos *et al.*, 2015). Seu conceito surgiu em meados da década de 40 através do avanço das técnicas de desenvolvimento de microscopia onde o cientista Dennis Garbor buscava alcançar uma perspectiva tridimensional e associado a isso, buscava-se também aprimorar a microscopia eletrônica dando vazão à profundidade da imagem gerada. Contudo, houveram alguns problemas enfrentados para a obtenção de tais imagens que resvalaram nos conceitos da física onde ocorria uma sobreposição das luzes com dispersão em todas as direções recriando objetos em uma só cor (Barcellos *et al.*, 2015). Foi na década de 60 que um grupo de físicos russos anunciou a reprodução de imagens holográficas a partir de feixes de raio laser apresentado em um congresso de física ótica nos EUA. Apesar da desconfiança de possibilidade quanto à consolidação de imagens sem nenhum componente material frente a uma época em que pensava-se que a holografia se tratava de um truque de mágica, foi a partir da década de 70 que a técnica se incorporou como alternativa para a arte, a poesia e a música que pautavam suas expressões no uso de cores e feixes de luz, elemento inovador que se projetava para uma sociedade moderna. Utilizada em exposições de arte, bienais, shows, cinemas e até mesmo em museus no uso de réplicas de obras valiosas, a holografia passou a se incorporar num ambiente de estudos que mesclava ciência, arte e tecnologia (Azevedo, 2007; Barcellos *et al.*, 2015; Blinder *et al.*, 2022).

A partir de então a técnica da holografia ganha espaço se projetando para outros campos de exploração da ferramenta, como publicidade e propaganda em brinquedos, caixas de cereais e também na segurança de dados (França *et al.*, 2023). A exemplo disso, temos a Mastercard que foi a primeira empresa a lançar sistemas de segurança de cartões de crédito com base em logotipos de holografia a fim de proteger contra falsificação dos mesmos. Com o avanço da ciência e tecnologia, a incorporação da holografia se expandiu para áreas como arquitetura, produção de joias, aprimoramento de microscopia, designer de roupas, objetos e ambientes

(França *et al.*, 2023). Atualmente é utilizada com frequência em festivais de música evidenciando uma experiência inovadora e capaz de interagir com o público, como foi o caso da homenagem feita durante o Carnaval de Recife em 2024 ao artista brasileiro Chico Science, assim como a turnê holográfica que durou de 2020 a 2023 da artista Whitney Houston falecida em 2012. Em outro contexto, a franquia cinematográfica de Star Wars também popularizou o uso da holografia manipulando a luz em nanoescala para recriar imagens da Princesa Leia utilizadas na filmografia. A precisão dos detalhes obtidos pela holografia permitem uma precisão imagética capaz de promover a interação entre o homem e o resultado do trabalho da máquina partindo de uma perspectiva ultra realista traduzida nos conceitos da modernidade (Barcellos *et al.*, 2015; Banche, 2023).

Para além do universo do entretenimento, o uso das imagens holográficas vem sendo introduzida no campo de cursos, conferências e palestras onde os telespectadores conseguem interagir com o palestrante em tamanho e tempo real sem que o mesmo esteja presente fisicamente no local do evento. A contribuição de tais fatores se deve em muito ao desenvolvimento da computação, como exemplo, é possível citar o computador Hololens produzido pela Microsoft que permite a configuração de uma realidade mista sobrepondo o mundo real e virtual, o qual também executa ações através do uso realidade aumentada (Ashutosh *et al.*, 2023).

A formação da imagem holográfica é pautada na interação entre os feixes de luz e as relações de interferência e de reconstrução imagética. O feixe de luz com ondas de mesma fase e frequência que atravessa a placa de registro é chamado de feixe de referência. O feixe de laser que é direcionado para o objeto que será holografado e que fornece a precisão de seu formato é chamado de feixe de objeto. Quando os feixes de objeto e de referência são cruzados ocorre interferência e esse resultado cria um padrão único que é registrado em uma placa holográfica. Após a revelação e fixação química deste padrão na placa, torna-se possível a reconstrução do holograma pela iluminação com um feixe referência com toda sua profundidade e volume (Ratan *et al.*, 2015). A esquematização do registro holográfico pode ser observado na figura 1.

**Figura 1. Representação esquemática da gravação de um holograma**

**Fonte:** Adaptado de Schivani *et al.*, (2018)

A distinção conceitual entre holografia e holoimagem tem sido enfatizada por diversos autores no campo da óptica aplicada. De acordo com Lunazzi (1990), *holografia* designa o conjunto de técnicas baseadas na interferência e difração da luz para registrar e reconstruir a informação tridimensional de um objeto, resultando em imagens que preservam profundidade e paralaxe sem necessidade de lentes ou óculos especiais. Em contraste, Magalhães (2009) propõe o termo *holoimagem* para se referir não ao processo de obtenção, mas ao resultado perceptivo tridimensional gerado pela reconstrução da frente de onda luminosa, seja por meios ópticos convencionais ou por métodos digitais. Nesse sentido, enquanto a holografia corresponde a uma tecnologia específica de registro, a holoimagem constitui a experiência visual tridimensional resultante, abrangendo inclusive técnicas não holográficas capazes de reproduzir efeitos similares aos dos hologramas tradicionais (Magalhães *et al.*, 2011; Magalhães *et al.*, 2013).

Diante desse panorama, fica evidente que a holografia, além de constituir uma técnica consolidada de registro tridimensional, possui aplicações que vão da arte à ciência e tecnologia, enquanto a holoimagem representa a experiência perceptiva

resultante dessa técnica. Compreender essas distinções conceituais é fundamental para explorar novas abordagens no ensino, especialmente em ciências médicas, nas quais a visualização tridimensional de estruturas anatômicas e processos fisiológicos pode enriquecer a aprendizagem e facilitar a compreensão de conceitos complexos. Este estudo propõe-se, portanto, investigar técnicas e impactos da utilização de holoimagens no ensino em saúde, analisando de que forma a incorporação de holografia e holoimagens pode potencializar metodologias educacionais e proporcionar experiência de aprendizado mais interativa e imersiva.

## **2 Desenvolvimento**

### **2.1 Uso de holograma na educação**

A transformação da sociedade trouxe novas necessidades que apontaram direções na trilha educacional no decorrer dos anos. O surgimento do computador, o avanço da telecomunicação e o desenvolvimento dos smartphones causou no homem moderno um grande impacto social, cujo teor de alcance resultou no aumento da velocidade de processamento da informação e também pode contribuir para a facilitação e alcance informacional em todo o território. Com os aportes tecnológicos desenvolvidos por empresas como a Microsoft, Apple e Samsung foi possível criar dispositivos interativos para fins educacionais, como telas virtuais e imagens em 3D. São exemplos disso as lousas digitais, tablets, E-Books e óculos de realidade aumentada, todos utilizados para fins didáticos e pedagógicos (Borges *et al.*, 2020). Atualmente, as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) estabelecidas pelo Ministério da Educação (MEC) incorporaram as Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) como parte integrante do currículo básico educacional. A transformação tomou proporções para todos os níveis educacionais de forma que as Instituições de Ensino Superior (IES) também lançaram no mercado práticas pedagógicas inovadoras através da incorporação da Educação a Distância (EAD), cuja interação entre professor e aluno se dá pelo Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) (Borges *et al.*, 2020).

Com os investimentos cada vez maiores de iniciativas de pesquisa pública e privada, o desenvolvimento tecnológico nos laboratórios de física e ciências, associado ao rápido avanço na produção de ideias inovadoras impulsionou o uso dos recursos audiovisuais e as técnicas de uso de cor, luz e som no mundo moderno. A evolução de tais dispositivos acompanhou as transformações culturais, artísticas e educacionais, baseadas em uma história do passado que abriu os caminhos para novos desafios serem superados (Barcellos *et al.*, 2015).

Os primeiros experimentos do uso da holografia na educação datam da década de 70, onde as primeiras imagens tridimensionais foram utilizadas pela cadeira de anatomia na Universidade do Michigan. Posteriormente, outras universidades norte-americanas mergulharam a fundo no desenvolvimento tecnológico holográficos para fins educacionais, por exemplo como uma ferramenta para auxiliar na educação de jovens deficientes visuais ou mesmo para proporcionar experiências imersivas durante a formação dos alunos, como é o caso da sala “Holodeck” pertencente à Universidade da Flórida Central (Barcellos *et al.*, 2015). Dentre os fatores que levam à adoção de holoimagens na educação estão a pluralidade e a diversidade de uso, como por exemplo nos casos em que as holoimagens podem ser utilizadas para reconstruir na sala de aula artefatos históricos ou aproximar os estudantes de locais remotos, trazendo maior realidade para os estudos e promovendo a acessibilidade. A experiência imersiva de transportar momentaneamente o aluno para um outro local de aprendizado através da formação de imagens suspensas no ar consolida o caráter de flexibilidade atribuído ao uso da holoimagem na educação (França *et al.*, 2023).

Outros pontos igualmente associados são o fator motivação que levam os alunos a se interessarem mais pelos conteúdos apresentados em sala de aula uma vez que os assuntos se tornam mais dinâmicos e interativos (Armesto, 2021; Armesto *et al.*, 2024). Assim, a possibilidade de interagir com o objeto é capaz de tornar a aula mais atrativa e prazerosa. Visualizar todas as dimensões e profundidade da imagem reproduzida e participar da interação com a imagem dos objetos apresentados envolvem os alunos na proposta apresentada pelo professor levando ao engajamento, ao envolvimento e a compreensão do conteúdo em sua totalidade (Borges *et al.*, 2020; Armesto, 2021). Diversos museus ao redor do mundo têm aplicado o uso de holoimagens para a interação com o público, o mesmo tem sido feito em universidades e escolas. O Museu do Amanhã no Rio de Janeiro conta com utilização de holoimagens em seu contexto, bem como, outros museus têm utilizado os mesmo para preservar a memória da história de sobreviventes da Segunda Guerra Mundial. No Distrito Federal, o museu JK conta com o uso de um recepcionista “holográfico” para dar as boas-vindas aos ingressantes. As diferentes áreas nas quais a holoimagem é utilizada permite a variação em sua aplicabilidade, no ensino por exemplo, é possível ver o uso da tecnologia em diferentes segmentos como para o ensino de história, geografia, artes e ciências (Barcellos *et al.*, 2015).

Para o ensino da matemática, as holoimagens permitem a visualização em 3D conferindo noção de profundidade e dimensão no ensino da geometria por exemplo, facilitando o aprendizado e reduzindo ao vale da abstração na qual muitos estudantes se encontram (Festa *et al.*, 2025). O mesmo cabe para o ensino das línguas, nas quais

é possível aprender e treinar diferentes tipos de comunicação com professores “holográficos” interativos. Em aulas de química, o uso de holoimagens permite reconstruir a imagem de moléculas que são utilizadas em experimentos científicos, trazendo acessibilidade de informação para os estudantes, além de tornar a aula mais dinâmica, divertida e com melhor compreensão, trazendo resultados positivos para o aprendizado (França *et al.*, 2023). É válido ressaltar que o uso de holoimagens está elencado no contexto das diferentes ferramentas de metodologia ativa, que cada vez mais têm sido incorporadas ao sistema educacional moderno (Festa *et al.*, 2025).

## **2.2 Holoimagem na educação médica**

A educação médica conta com práticas de ensino baseadas na metodologia ativa, na qual o aluno encontra-se como protagonista de seu próprio aprendizado ao passo em que é responsável por buscar as informações através de estímulos realizados pelos professores mediadores. Estes, por sua vez, detêm a responsabilidade de propor ideias inovadoras em sala de aula de forma a provocar no aluno o questionamento diante de determinada temática. Tais ideias repercutem na necessidade de criação de novas ferramentas de aprendizagem, que podem ser observadas em diferentes tipos de tecnologia que gradativamente vem sendo utilizadas no contexto das áreas médicas (Haleem *et al.*, 2020).

O uso da realidade aumentada na prática médica está intrinsecamente ligado ao que há de mais moderno no ensino e que paulatinamente se associa à prática de atuação profissional. As telas holográficas (Magalhães *et al.*, 2011; Magalhães *et al.*, 2013; Magalhães *et al.*, 2021) também permitem que os alunos compreendam as dimensões de órgãos e as suas relações anatômicas em virtude do mecanismo de formação da imagem composta pelas relações de difração dos feixes de luz laser. Assim, a holoimagem trabalha com a noção de textura, tamanho, profundidade e realidade de estruturas do corpo humano permitindo que os alunos desenvolvam uma postura proativa que une conhecimento prático e teórico referente a disciplina de anatomia humana (Haleem *et al.*, 2020).

Esse tipo de ferramenta pode ser utilizada em diferentes disciplinas e para qualquer que seja a finalidade, incluindo a disciplina de simulação realística que envolve o desenvolvimento de habilidades médicas, como é o caso do preparo realizado ao longo da formação do acadêmico de medicina para o atendimento pré-hospitalar ou ainda para a disciplina de urgência e emergência. Isso porque, o treinamento com ferramentas que proporcionam a compreensão da realidade de uma situação de pressão mental na qual o profissional precisa estar preparado

tecnicamente e psicologicamente, requer destreza de conhecimento e habilidade para lidar com este tipo de situação. Assim, provocar situações de emergência em um ambiente controlado através do uso de ferramentas de simulação realística pautadas em holoimagens é uma forma de estimular a interatividade com esse tipo de ambiente e também de preparar os estudantes para a vida real (Hanif *et al.*, 2025).

Isso leva à construção gradual do domínio frente às competências, habilidades e atitudes que permeiam o currículo de formação médica básica, fortalecendo o aprendizado que é induzido de forma ativa e dinâmica. Outra particularidade do uso dessas ferramentas que são proporcionadas pelo ambiente controlado é o favorecimento de tempo ao estudante que precisa pensar de forma crítica e reflexiva acerca das situações desafiadoras inerentes à atuação profissional, visto que esse tipo de simulação permite refazer os passos quantas vezes forem necessárias até que se tenha um total entendimento dos protocolos e também das possibilidades de variação situacionais (Borges *et al.*, 2020).

O uso da holoimagem também pode ser utilizada em outras cadeiras das faculdades de medicina, como por exemplo, a disciplina de cirurgia geral na qual os alunos precisam estar aptos no que tange às habilidades manuais e procedimentos cirúrgicos. Neste aspecto, durante a graduação médica o estudo teórico da cirurgia pode ser complementado com holoimagens de regiões do corpo ou mesmo estruturas orgânicas como um todo e seu detalhamento, a fim de se obter uma compreensão por completo acerca das relações espaciais entre os órgãos do corpo humano. Assim, a holoimagem permite por exemplo que o estudante durante o período de preparo para a vida profissional esteja familiarizado com estruturas como a vesícula biliar, suas veias e artérias, nervos e canalículos relacionados (Kitagawa *et al.*, 2022). O mesmo se aplica ao estudo do coração, no qual é possível visualizar o tamanho, profundidade, textura, posicionamento, arco arterial, tronco pulmonar e artérias coronárias, isto é, estruturas relacionadas ao órgão de objetivo do estudo anatômico-cirúrgico. Esse tipo de holoimagem é bem observado pela figura 2, na qual há a simulação de uma proposta “holográfica” de interação médica com base no programa desenvolvido *Real ViewImaging*® (Bruckheime *et al.*, 2023).



**Figura 2. Holoimagem cardíaca em simulação realística e realidade virtual aumentada**



**Fonte:** Bruckheime *et al.*, (2016)

Em relação ao estudo da disciplina de radiologia, a holoimagem é muito bem aplicada em virtude de trabalhar com imagens de ultrassom, ressonância magnética e tomografia computadorizada. Nessa área de formação médica, os estudantes são desafiados a compreender a representação das estruturas orgânicas por meio dos exames de imagem (Jeyaraman *et al.*, 2024). A importância disso está diretamente relacionada à capacidade de saber diferenciar quando há alterações nos exames avaliados ou quando não existe nenhuma evidência de alteração estrutural nas imagens estudadas. Assim, as holoimagens permitem o treinamento visual no preparo da identificação das estruturas potencialmente acometidas (Thivagar, 2023).

A Figura 3 mostra um software de holoimagem para realidade aumentada chamado HoloLens, na qual os estudantes estão sendo capacitados para o uso do aparelho de ultrassom, onde é possível visualizar a relação de proximidade entre os sistemas esquelético, muscular, gastrointestinal, vascular e tegumentar de forma interativa e didática, facilitando a aquisição do entendimento de relações proximais e distais dos sistemas anatômicos (Hanif *et al.*, 2025; Aye *et al.*, 2025).

Yunoki *et al.* (2023), aponta em seu estudo que em salas cirúrgicas híbridas é possível discutir sobre o melhor plano de tratamento enquanto se observa uma holoimagem. Os autores corroboram ainda que esse tipo de ferramenta pode melhorar a compreensão acerca dos diferentes planos terapêuticos no que diz respeito ao treinamento dos futuros cirurgiões devido à capacidade aumentada de visualização (Yunoki *et al.*, 2023; Aye *et al.*, 2025).

**Figura 3. Módulo de treinamento do Microsoft HoloLens**



**Fonte:** Sugimoto *et al.*, (2023)

O uso da holoimagem no âmbito da educação para cursos de saúde, como o caso da medicina, tem mostrado resultados eficientes no que tange o despertar do interesse dos alunos para o estudo das temáticas curriculares visto que promove a facilitação dos conteúdos além de associar as inovações tecnológicas de última geração e as novas formas de se atuar didaticamente em sala de aula considerando a metodologia ativa e o aprendizado baseado em problemas (Borges *et al.*, 2020; Armesto, 2021; Armesto *et al.*, 2024).

### **2.3 Holoimagem na prática cirúrgica**

As holoimagens também podem ser utilizadas para o treinamento de profissionais já formados na área há bastante tempo e com elevado grau de especialidade para o planejamento cirúrgico, assim como, pode ser aplicado para o treinamento de médicos que estão passando pela fase de especialização na carreira, também como forma de ofertar suporte ao aprendizado e treinamento dinâmico por meio da visualização espacial das estruturas anatômicas (Pérez-Pachón *et al.*, 2024).

Galyfos *et al.*, (2023) aplicou a holoimagem em estudo de reconstrução óssea

com base na formação de imagens de tomografia computadorizada (TC) para o auxílio no treinamento cirúrgico. O autor aponta que seu uso tem potencial para tornar a dissecação tecidual mais rápida e segura, com menor risco de acometimento vascular e nervoso. Combinando as imagens radiológicas e reproduzindo estruturas de forma personalizada é possível garantir uma via de acesso auxiliar com menor chance de acometimento de estruturas adjacentes. Como exemplo, a pesquisa aponta o software *CarnaLife Holo*, o qual possui ferramentas interativas inteligentes que permitem além da visualização do holoimagem, o corte da visualização em qualquer ângulo de acordo com a janela que se deseja (Galyfos *et al.*, 2023).

No caso do uso para cirurgia vascular Galyfos *et al.* (2023) apontou o uso de holoimagem para a realização de um procedimento de bypass de artéria femoral profunda em que se posicionou a imagem exatamente sobre o local da ressecção cirúrgica como evidenciado pela figura 4, permitindo visualizar também todas as estruturas que estavam próximas do foco da operação com conjunto com os ramos vasculares que poderiam ser preservados e ramos que deveriam ser sacrificados.

**Figura 4. Visualização de holograma gerado com base em TC**



**Fonte:** Galyfos *et al.*, (2023)

Hanif *et al.*, (2025) aponta o uso de holoimagem em diferentes especialidades médicas cirúrgicas. Para a neurocirurgia o uso destes softwares combinados com a TC tem sido direcionados para suporte ao treinamento em peças cadavéricas, ressecção

tumoral e outros procedimentos que exigem a neuronavegação. No caso das cirurgias cardíacas, os simuladores compostos por holoimagens são especialmente utilizados no planejamento cirúrgico valvar, além de dar suporte à cirurgias cardíacas minimamente invasivas e possibilitar o treinamento de futuros cirurgiões cardíacos (Hanif *et al.*, 2025).

Na área da urologia, onde cada vez mais tem sido aplicada a cirurgia robótica, os autores apontam que os estudos de planejamento pré-operatórios podem contribuir para o aumento da precisão e do melhor posicionamento dos instrumentais como a agulha utilizada nesse tipo de procedimento, ocasionando diminuição da injúria causada aos néfrons associado a uma maior preservação orgânica (Hanif *et al.*, 2025).

Já no campo da cirurgia plástica, foram validados o uso de holoimagens como forma de aprimorar a simetria facial através de pontos de sobreposição para o planejamento cirúrgico de face, apresentando benefícios tanto em cirurgias estéticas como funcionais para reconstruções complexas. Além disso, os autores apontaram que o uso associado de imagens de ressonância com holoimagens pode reduzir o tempo intra-operatório, considerado essencial para o bom resultado do procedimento (Yunoki *et al.*, 2023; Hanif *et al.*, 2025; Aye *et al.*, 2025).

No âmbito da cirurgia geral, a construção de holoimagens com base em exames radiológicos de imagem contribuiu para validar o treinamento da técnica cirúrgica hepática, com visualização dos diferentes segmentos hepáticos, da vesícula biliar e dos órgãos correlatos como o estômago, pâncreas e intestino, servindo para aprimorar a técnica que faz parte da rotina dos estudantes de medicina e principalmente dos residentes de cirurgia geral (Hanif *et al.*, 2025).

Para Pérez-Pachón *et al.*, (2024), o uso dos sistemas holográficos e da realidade aumentada é especialmente importante nas cirurgias oncológicas, visto que alguns centímetros fazem toda a diferença na ressecção das margens de tecidos acometidos por células tumorais, assim, uma ressecção incompleta pode levar ao aumento da morbimortalidade ou ainda levar o paciente a necessidade de uma nova reabordagem cirúrgica com todos os riscos inerentes (Pérez-Pachón *et al.*, 2024).

Sugimoto *et al.*, (2023) relacionaram o conceito de metaverso com procedimentos cirúrgicos ao testar o uso do dispositivo HoloEyes para trabalhar com holoimagem, sugerindo um grande potencial para visualização de imagem de estruturas anatômicas de forma guiada durante os procedimentos realizados. Os autores apontam que o sistema Holoeyes pode ser utilizado para visualizar estruturas de holoimagens em 3D durante cirurgia de laparoscopia exploradora concedendo um suporte intraoperatório através de uma experiência imersiva que permite observar o

fígado em todas as dimensões, bem como suas estruturas relacionadas (Sugimoto *et al.*, 2023; Jeyaraman *et al.*, 2024).

Apesar do sistema HoloEyes ser capaz de contribuir significativamente com aspectos de precisão e eficiência cirúrgica, alguns desafios ainda precisam ser superados. O primeiro deles relaciona-se com as necessidades de um sistema computacional avançado que seja capaz de gerar holoimagens em tempo hábil. Outro ponto importante ressaltado por Sugimoto *et al.*, (2023) foram as questões éticas de imagens dos pacientes relacionadas com a segurança cibernética e a proteção de dados que são passados para esses computadores. Por fim, a regulamentação pelas autoridades sanitárias para utilização destes equipamentos, que devem passar pelo sistema de regulamentação legal (Sugimoto *et al.*, 2023; Jeyaraman *et al.*, 2024).

### **3 Considerações Finais**

O uso de holoimagem na medicina vem ganhando espaço à medida em que novas ferramentas vão sendo desenvolvidas. Trata-se de uma ferramenta que pode ser utilizada pelas mais diversas especialidades médicas, abrangendo desde as áreas como a radiologia até mesmo como medida de suporte a procedimentos cirúrgicos em abordagens da cardíaca, torácica e gastrointestinal. No campo da educação, trata-se de uma ferramenta de caráter didático que pode ser utilizada para fins pedagógicos de estudo e treinamento de médicos em formação, favorecendo a acessibilidade devido à realidade virtual aumentada, promovendo o entendimento das relações anatômicas entre órgãos e elementos adjacentes, além da compreensão dos planos de acesso às estruturas orgânicas.

Isso é evidenciado pois a ferramenta propõe a visualização direta permitindo compreender as diferenças entre a dimensão e a profundidade. Como contraponto, vale ressaltar ainda que é necessário aperfeiçoar as tecnologias disponíveis de forma a possibilitar a atualização síncrona das imagens, à medida em que se executa o procedimento cirúrgico. Para isso, é necessário que a academia invista em softwares e computadores capazes de processar a holoimagem de forma refinada, permitindo a visualização das estruturas sob a perspectiva de diferentes angulações e melhorando cada vez mais a aplicabilidade da ferramenta.

### **4 Referências**

ARMESTO, L. M. **Ferramentas 3D como auxílio no processo de ensino-**



**aprendizagem na disciplina de anatomia.** 2021. 111 f. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) Universidade Brasil, São Paulo, 2021. Disponível em: <<https://repositorioacademico.universidadebrasil.edu.br/handle/123456789/946>>. Acesso em: set. 2025.

ARMESTO, L. M; ALONSO, T. R; SERRA, R. L; MAGALHÃES, D. S. F. **O uso da tecnologia a favor do desenvolvimento educacional:** uma abordagem contemporânea. In [...]: Inovação e tecnologias em saúde: uma abordagem de bioengenharia. São Paulo: Universidade Brasil, 2024. p. 21-40. Disponível em: <<https://doi.org/10.63021/book.978-6589249290.2024>>; Acesso em: 30 set. 2025.

ASHUTOSH, K; VIBHA, M. B. **Advancements in Holographic Display Technology:** A comparative Analysis. International Journal of Engineering Research & Technology, v. 11, n. 6, p. 1-6, 2023. Disponível em: <<https://www.ijert.org/research/NCRTCA-PID-034.pdf>>; Acesso em: set. 2025.

AYE, W. M. M; KIRALY, L; KUMAR, S. S; KASIVISHVANAATH, A; GAO, Y; KOFIDIS, T. **Mixed Reality (Holography)** – Guided Minimally Invasive Cardiac Surgery — A Novel Comparative Feasibility Study. Journal of Cardiovascular Development and Disease, v. 12, n. 2, p. 1-9, 2025. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2308-3425/12/2/49>>; Acesso em: set. 2025.

AZEVEDO, P. C. A. **Gravura em luz:** uma possibilidade holística da calcogravura e a holografia. 2007. 160 f. Tese (Doutorado em Artes) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Artes, Campinas, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2007.414291>>; Acesso em: set. 2025.

BARCELLOS, E. E. I; MERCALDI, M; PINHEIRO, O. BOTURA JR, J. **Holografia: Inovação e Metáfora de Interatividade na Comunicação e na Representação Ótica.** In [...]: Anais 7º Congresso Internacional de Design da Informação/Proceedings of the 7th Information Design International Conference, São Paulo: Blucher, 2015. Disponível em: <[https://pdf.blucher.com.br/designproceedings/cidi2015/cidi\\_12.pdf](https://pdf.blucher.com.br/designproceedings/cidi2015/cidi_12.pdf)>; Acesso em: set. 2025.

BLANCHE, P. A. **Holography, and the future of 3D display.** Light: Advanced Manufacturing, v. 2, n. 28, p. 1-14, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.37188/lam.2021.028>>; Acesso em: set. 2025.

BLINDER, D; BIRNBAUM, T; ITO, T; SHIMOBABA, T. **The state of the art in computer generated holography for 3D display.** Light: Advanced Manufacturing, v. 3, n. 3, p. 572-600, 2022. Disponível em: <<https://www.light-am.com/article/doi/10.37188/lam.2022.035>>; Acesso em: set. 2025.

BORGES, M. Q; ALMEIDA, F. M; DELEVEDORE, A. A. M. **Simulação como estratégia de metodologia ativa no ensino cirúrgico**. In [...] Anais 9º Pesquisar - UNIFAN: Goiânia, p. 1-12, 2021. Disponível em: <<https://www.unifan.edu.br/unifan/aparecida/wp-content/uploads/sites/2/2021/05/REVISAO-NARRATIVA-simulacao-como-estrategia-de-metodologia-ativa-no-ensino-cirurgico.pdf>>; Acesso em: set. 2025.

BRUCKHEIMER, E; ROTSCHILD, C. **Holography for imaging in structural heart disease**. Euro Intervention, v. 12, n. 7, p. 81-84, 2016. Disponível em: <<https://eurointervention.pcronline.com/article/holography-for-imaging-in-structural-heart-disease>>; Acesso em: set. 2025.

FESTA, G. M; LANCIA, I. S. **Exploring the Psychological Potential of 3D Holography: from Psycho education to Clinical Practice**. Journal of Behavioral Health, v. 14, n. 3, p. 1-8, 2025. Disponível em: <<https://jbehavioralhealth.com/article/Exploring+the+Psychological+Potential+of+3D+Holography%3A+from+Psychoeducation+to+Clinical+Practice>>; Acesso em: set. 2025.

FRANÇA, M. C. B; GONÇALVES, T. O; LAMEIRÃO, S. V. O. C. **A holografia como uma possibilidade para o ensino: uma revisão bibliográfica**. Amazônia | Revista de Educação em Ciências e Matemática, v. 19, n. 43, p. 82-93, 2023. Disponível em: <<https://periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/view/14905>>; Acesso em: set. 2025.

GALYFOS, G; PIKULA, M; SKALSKI, A; VAGENA, S; FILIS, K; SIGALA, F. **Using a novel three-dimensional holographic technology to perform open vascular surgery procedures**. Journal of Vascular Surgery Cases, Innovations and Techniques, v. 10, n. 2, p. 101440-101444, 2024. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468428724000248>>; Acesso em: set. 2025.

HALLEM, A; JAVAID, M; KHAN, I. H. **Holography applications toward medical field: An overview**. Indian Journal of Radiology and Imaging, v. 30, n. 3, p. 354-361, 2020. Disponível em: <[https://www.thieme-connect.de/products/ejournals/abstract/10.4103/ijri.IJRI\\_39\\_20](https://www.thieme-connect.de/products/ejournals/abstract/10.4103/ijri.IJRI_39_20)>; Acesso em: set. 2025.

HANIF, M. I; ELASHMAWY, S. G; ELDAKOUNY, A. H; MOHAMED, M; IFTIKHAR, M. F; IFTIKHAR, I. **The Role of Holograms in Medicine: Revolutionizing Surgical Navigation and Beyond**. American Journal of Biomedical Science & Research, v. 28, n. 1, p. 138-147, 2025. Disponível em: <<https://biomedgrid.com/fulltext/volume28/the-role-of->

[holograms-in-medicine-revolutionizing-surgical-navigation-and-beyond.003650.php](https://doi.org/10.1007/s00365-024-00365-0)>; Acesso em: set. 2025.

JEYARAMAN, M; JEYARAMAN, N; RAMASUBRAMANIAN, S; NALLAKUMARASAMY, A; SHYAM, A. **Journal of Orthopaedic Case Reports**, v. 14, n. 3, p. 5-9, 2024. Disponível em: <<https://jocr.co.in/wp/2024/03/revolutionizing-orthopedic-surgery-the-integration-of-holographic-technology/>>; Acesso em: set. 2025.

KITAGAWA, M; SUGIMOTO, M; HARUTA, H; UMEZAWA, A; KUROKAWA, Y. **Intraoperative holography navigation using a mixed-reality wearable computer during laparoscopic cholecystectomy**. *Surgery*, v. 171, p. 1006-1013, 2022. Disponível em: <[https://www.surgjournal.com/article/S0039-6060\(21\)00962-4/fulltext](https://www.surgjournal.com/article/S0039-6060(21)00962-4/fulltext)>; Acesso em: set. 2025.

LUNAZZI, J. J. **Three-dimensional photography by holography**. *Optical Engineering*, v. 29, n. 1, p. 9-14, 1990. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/2178802\\_Three-dimensional\\_photography\\_by\\_holography](https://www.researchgate.net/publication/2178802_Three-dimensional_photography_by_holography)>; Acesso em: set. 2025.

MAGALHÃES, D. S. F. **Construção de telas holográficas e aplicações**. 2009. Tese (Doutorado em Física) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2009.467882>>; Acesso em: set. 2025.

MAGALHÃES, D. S. F; LUNAZZI, J. J; SERRA, R. L. **Construction of restricted field of view holographic screens**. *Optics and Laser Technology*, v. 43, n. 6, p. 1060–1066, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2010.05.015>>; Acesso em: set. 2025.

MAGALHÃES, D. S. F; SERRA, R. L; VANNUCCI, A. L; MORENO, A. B; LI, M. L. **Glasses-free 3D viewing systems for medical imaging**. *Optics and Laser Technology*, v. 49, p. 25–32, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2011.09.015>>; Acesso em: set. 2025.

MAGALHÃES, D. S. F; SERRA, R. L; LI, L. M. **Sistema multiestereoscópico holográfico para a visualização de imagens médicas**. Brasil. Patente de invenção BR 11027339 - Depositada em: 27 jun. 2011 / Concedida em: 06 jul. 2021. Depositante: Universidade Estadual de Campinas.

PÉREZ-PACHÓN, L; SHARMA, P; BRECH, H; GREGORY, J; LOWE, T; GRONING, F. **Augmented reality head sets for surgical guidance: the impact of holographic model position on user localisation accuracy**. *Virtual Reality*, v. 28, n. 68, p 1-10, 2024.



Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10055-024-00960-x>>; Acesso em: set. 2025.

RATAN, A; GATIYALA, R. **Holography – Working Principle and Applications**. Optics and Photonics News, v. 13, n. 4, p. 1-3, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.2688.4649>>; Acesso em: set. 2025.

SCHIVANI, M; SOUZA, G. F; PEREIRA, E. **Pirâmide “holográfica”**: erros conceituais e potencial didático. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 40, n. 2, p. e2506, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2017-0186>>; Acesso em: set. 2025.

SUGIMOTO, M; SUEYOSHI, T. **Development of Holoeyes Holographic Image-Guided Surgery and Telemedicine System**: Clinical Benefits of Extended Reality (Virtual Reality, Augmented Reality, Mixed Reality), The Metaverse, and Artificial Intelligence in Surgery with a Systematic Review. Medical Research Archives, v. 11, n. 7, p. 1-12, 2023. Disponível em: <<https://esmed.org/MRA/index.php/mra/article/view/4045>>; Acesso em: set. 2025.

THIVAGAR, M. **Hologram Opens a New Learning Door for Surgical Residents — An Academic View Point**. Engineering Proceedings, v. 34, n. 1, p. 1-4, 2023. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2673-4591/34/1/21>>; Acesso em: set. 2025.

YUNOKI, J; HAYASHI, N; OSAKI, J; TAKAHASHI, B; MOROKUMA, H; KAMOHARA, K; **Endovascular aneurysm repair supported by intraoperative holographic image using virtual reality technology**. Journal of Vascular Surgery, v. 79, n. 2, p. 418-419, 2023. Disponível em: <[https://www.jvascsurg.org/article/S0741-5214\(23\)01622-1/fulltext](https://www.jvascsurg.org/article/S0741-5214(23)01622-1/fulltext)>; Acesso em: set. 2025.