

**O uso da realidade aumentada na educação médico-cirúrgica****The use of augmented reality in medical-surgical education**

DOI:10.34117/bjdv6n6-185

Recebimento dos originais:08/05/2020

Aceitação para publicação:08/06/2020

**Jéssica Raquel de Santana**

Mestranda em saúde e sociedade

Instituição: Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

E-mail: jessica.enfer12@gmail.com

**Jiliélisson Oliveira de Sousa**

Mestrando em saúde e sociedade

Instituição: Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

E-mail: jilielisson@gmail.com

**Lívia Viviane Guimarães do Couto**

Mestranda em saúde e sociedade

Instituição: Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

E-mail: liviacoutonutri@gmail.com

**Samillys Valeska Bezerra de França Silva**

Mestranda em saúde e sociedade

Instituição: Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

E-mail: samillysvaleska@gmail.com

**Ellany Gurgel Cosme do Nascimento**

Co-orientadora. Professora do Curso de Graduação em Medicina

Instituição: Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

E-mail: ellanygurgel@hotmail.com

**Thales Allyrio Araújo de Medeiros Fernandes**

Orientador. Professor Doutora

Instituição: Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

E-mail: thalesallyrio@uern.br

**RESUMO**

*Objetivo:* Identificar a utilização da realidade aumentada no ensino médico-cirúrgico e analisar sua aplicabilidade, eficiência e importância na instrução dessas técnicas. *Desenho:* Foi realizada uma revisão de literatura com o objetivo de se conhecer as formas de utilização da realidade aumentada no ensino médico-cirúrgico. Para isso, foram efetuadas buscas nas bases BVS, Pubmed, Springer Link, Scopus e Web of Science, utilizando-se os descritores Augmented reality; Medical education; Patients simulation e Surgery, recuperaram-se artigos

publicados até 31 de agosto de 2018. Resultados: Ao final foram analisados 28 artigos que discorriam sobre a temática pesquisada. A análise dos trabalhos deu origem a duas categorias de estudo: Técnicas de realidade aumentada para aperfeiçoamento do ensino médico-cirúrgico e eficiência dos programas de realidade aumentada em técnicas cirúrgicas. Os resultados revelaram que sua aplicabilidade se expande a diversas áreas de ensino cirúrgico, cirurgias ortopédicas, urológicas, neurovasculares e, principalmente, em cirurgias laparoscópicas.

*Conclusões:* Os artigos demonstraram vantagens diferenciadas com a utilização da realidade aumentada, que proporciona ao usuário uma maior precisão, segurança e eficácia nas cirurgias e outros procedimentos clínicos. Essa pesquisa reforça que a realidade aumentada é uma ferramenta de grande importância no ensino e formação de alunos e profissionais da área médica, pois permite a realização de mecanismos inovadores e aplicação de procedimentos com técnicas mais eficientes, além da minimização de erros.

**Palavras-chave:** Realidade Aumentada; Educação médica; Simulação de paciente; Cirurgia.

## ABSTRACT

**Objective:** To identify the use of augmented reality in medical-surgical education and to analyze its applicability, efficiency and importance in the instruction of these techniques.

**Design:** A literature review was carried out in order to know the ways of using the increased disease in medical-surgical teaching. For this, searches were carried out in the VHL, Pubmed, Springer Link, Scopus and Web of Science databases, using the descriptors Augmented reality; Medical education; Esurgery of patient simulation, articles published until August 31, 2018 were recovered. **Results:** At the end, 28 articles were analyzed that discuss the researched theme. The analysis of the works gave rise to two categories of study: Augmented reality techniques to improve medical-surgical teaching and improved augmented reality programs in surgical techniques. The results revealed that its applicability expands in several areas of medical education, surgery orthopedic, urological, neurovascular and, mainly, laparoscopic surgeries. **Conclusions:** The articles demonstrated different advantages with the use of augmented reality, which provides the user with greater precision, safety and efficacy in surgeries and other clinical procedures. This research reinforces that augmented reality is a tool of great importance in the teaching and training of students and professionals in the medical field, as it allows the realization of innovative mechanisms and the application of procedures with more efficient techniques, in addition to minimizing errors.

**Keywords:** Augmented Reality; Medical Education; Patient simulation; Surgery.

## 1 INTRODUÇÃO

O avanço da tecnologia, multimídia e a busca por métodos inovadores levaram pesquisadores a desenvolverem e experimentarem um novo sistema de visualização de informação[1]. A realidade aumentada (R.A.) é um sistema resultante da evolução da chamada Realidade Virtual (R.V.), e permite a sobreposição de objetos e ambientes virtuais com o ambiente físico, através de algum dispositivo tecnológico. Essas aplicações ficaram mais

acessíveis somente no início dos anos 2000, com a convergência de técnicas de visão computacional, software e dispositivos com melhor índice de custo-benefício [2].

Diferente da R.V., que conduz o usuário para o ambiente virtual, a R.A. preserva o usuário no seu ambiente físico e transporta o ambiente virtual para o espaço do usuário, proporcionando a interação com o mundo virtual, de modo mais natural e sem obrigatoriedade de treinamento ou adaptação [3]. As camadas do ambiente virtual e físico são mescladas de tal forma que um ambiente interativo e imersivo é experimentado. Interfaces multimodais possibilitam ainda a manipulação de objetos virtuais no espaço do usuário, usando as mãos ou dispositivos mais simples de interação, oferecendo a oportunidade de uma sobreposição digital, muitas vezes interativa, em um ambiente real ou virtual [3].

Como a tecnologia continua a permear em todos os aspectos de nossas vidas, a utilização da R.A. na área da saúde vem sendo alvo de pesquisas nos últimos anos. E a medicina foi uma das áreas que mais diligenciaram o uso de R.V. e R.A. em educação, treinamento, diagnóstico, tratamento e simulação. A capacidade de trabalhar em sintonia com um computador amplia os horizontes do que é possível na cirurgia, pois a R.A. pode alterar a realidade que experimentamos de várias maneiras. Suas características de visualização 3D e de interação em tempo real permitem a realização de aplicações médicas inovadoras, que antes não podiam ser realizadas [4].

Desta forma, a R.A. pode ter grande potencial no treinamento ou educação de profissionais médicos [5], além de poder ser utilizado como uma ferramenta de navegação durante procedimentos cirúrgicos [6], possibilitar melhora na visualização na sala de operações e como uma ferramenta terapêutica no tratamento de pacientes [7].

No entanto, apesar da constatação de existirem dentro da saúde especialidades mais contempladas com as aplicações de R.A. e outras pouco favorecidas [8], não são visíveis na literatura, trabalhos que forneçam um apanhado geral das suas aplicações.

Diante disso, o presente trabalho objetivou avaliar a utilização da R.A. no ensino médico-cirúrgico e analisar sua aplicabilidade, eficiência e importância no ensino dessas técnicas, através da realização de uma revisão da literatura sobre a temática.

## **2 MÉTODOS**

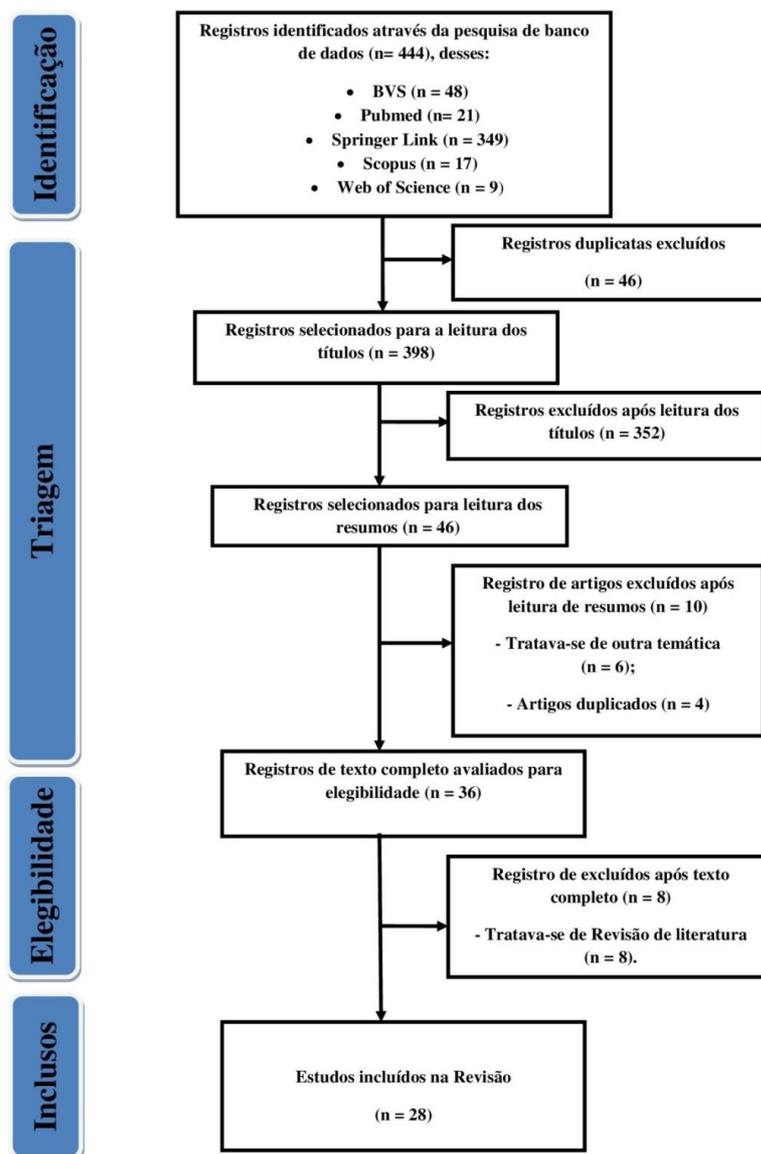
Foi realizada uma pesquisa da literatura nas bases de dados Pubmed, Springer Link (MetaPress); Biblioteca virtual em saúde (BVS); Scopus e Web of Science em busca de artigos que nos permitissem avaliar a eficiência dos programas de R.A. em técnicas cirúrgicas.

Utilizaram-se os descritores Augmented Reality; Health Education; Patientsimulation; Surgery, e selecionaram-se artigos publicados de 01 de janeiro do ano 2000 até 18 de junho de 2018 e que tivessem como foco o uso da R.A. no ensino médico, de modo particular em técnica cirúrgica.

Foram excluídos os trabalhos que possuíam os termos R.V. com ou sem R.A., artigos de revisão sistemática e de literatura e os relatos que não se relacionavam com o contexto de aprendizagem dos profissionais médicos e/ou acadêmicos em medicina e anais de congresso.

O processo de escolha dos artigos a serem avaliados foi realizado conforme os critérios descritos e explicitados na figura 1.

Figura 1: Fluxograma utilizado para a seleção dos artigos analisados neste estudo.



**3 RESULTADOS**

Nota-se que as publicações se concentram de 2008 a 2018, sendo 50% trabalhos publicados nos últimos 3 (três) anos. Dentre os 28 artigos que permaneceram na análise após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, 10 descreveram técnicas de R.A. para aperfeiçoamento do ensino médico-cirúrgico. A R.A. especificamente na área cirúrgica tem sido inserida em diversas especialidades (tabela 1) e 18 artigos foram incluídos por demonstrarem a eficiência dos programas de R.A. em técnicas cirúrgicas (tabela 2).

Tabela 1 – Descrição dos artigos que utilizam técnicas de R.A. para aperfeiçoamento do ensino médico-cirúrgico.

REFERÊNCIA	OBJETIVO (S)	DESENHO DO ESTUDO	RESULTADO (S)
[12]	Avaliar a viabilidade, segurança e utilidade de cirurgia urológica assistida por R.A. usando smartglass (S.G).	3 urologistas e 4 residentes de urologia realizaram cirurgias usando S.G. em 10 procedimentos diferentes e um total de 31 cirurgias.	Não observou nenhuma complicação específica no momento de cirurgia. A mediana do tempo de operação para a cirurgia de S.G. foi 8,5 minutos mais curto do que para o mesmo tipo de cirurgia realizada pelo mesmo cirurgião sem S.G.
[17]	Validar um método de avaliação para sutura laparoscópica com R.A. com simulador ProMIS e comparar com pontuações de observações objetivas.	Cirurgiões experientes (n = 10) e novatos (n = 14) em cirurgia laparoscópica utilizaram um simulador com R.A. para treinar suturas.	Os participantes experientes tiveram maiores pontuações de desempenho do que os participantes novatos no tempo gasto para a sutura e qualidade (força) do nó.
[19]	Descrever e discutir a eficiência de uso de R.A. em neurocirurgia, na utilização de um protótipo desenvolvido e testado que permitiu uma neuro navegação assistida.	Utilização da R.A. para orientar a dissecação e localização das malformações arteriovenosas (MAV) em 5 pacientes.	A configuração ajudou na realização da craniotomia, orientação da dissecação e na localização da drenagem das veias, mas não forneceu ao cirurgião informações úteis sobre o sistema de alimentação das artérias de alimentação, devido à complexa arquitetura das MAVs.
[10]	Treinar residentes de urologia na colocação de prótese peniana inflável através de um aplicativo com uso de um visor óptico de cabeça do Google Glass®.	Um aplicativo de R.A. foi utilizado por 10 urologistas e 20 residentes para treinar a colocação de próteses penianas.	Os estagiários acharam a tecnologia mais educacionalmente útil e menos perturbador na sala de cirurgia do que o corpo docente.
[18]	Usar técnicas de R.A. em vasos, tumores e planos de corte, que foram sobrepostos no vídeo laparoscópico.	Desenvolvimento de uma técnica com realidade aumentada para utilização em uma cirurgia hepática vídeo laparoscópica em suínos.	A abordagem pôde rastrear e lidar com o alvo de deformação permitindo a sobreposição interativa de dados internos, como a rede vascular (ou tumores) para ajudar os cirurgiões durante o procedimento.
[13]	Estudar um novo simulador de realidade aumentada para avaliação de habilidades: um treino em caixa,	Residentes e especialistas utilizaram um simulador para treinar habilidades de videolaparoscopia.	A comparação entre os grupos demonstrou diferença significativa (p<0.01) em todas as métricas de desempenho. Os especialistas

	uma câmera e um conjunto de ferramentas laparoscópica.		superam os residentes em todas as tarefas e métricas.
[11]	Avaliar a aplicabilidade e precisão de óculos inteligentes para navegação neurocirúrgica baseada em R.A.	Cirurgiões relatam a experiência sobre a utilização dos Óculos inteligentes com R.A., usados em um cadáver e em seguida, utilizados em 2 pacientes com tumores cerebrais.	A visão estereoscópica por superposição de imagem através dos óculos inteligentes foi bem-sucedida no cadáver e nos dois pacientes. Neuro navegação com mãos livres e mãos dentro do campo operatório foi possibilitada a partir de diversos ângulos e distâncias.
[16]	Determinar as medidas derivadas pelo computador para um simulador híbrido exclusivo correlacionado com a cirurgia laparoscópica.	Realizado com 24 estudantes de medicina (3º ano), 19 residentes de cirurgia (anos de pós-graduação 1-5) e 3 cirurgiões que realizaram quatro tarefas, três vezes em um simulador laparoscópico híbrido.	Foi observada uma correlação estatisticamente significativa entre experiência e desempenho. Além disso, foi demonstrado que essas habilidades desenvolvidas em um ambiente de laboratório são transferidas a sala de cirurgia, tornando melhor a avaliação de habilidades e treinamento mais eficiente em termos de tempo.
[15]	Aplicar avanços tecnológicos à cirurgia e investigar a tecnologia na cirurgia laparoscópica segura para treinamento de cirurgiões novatos.	A R.A. foi empregada por 2 residentes e 3 ginecologistas experientes em cirurgias vídeo laparoscópicas.	O experimento mostrou que a utilização da câmera pode ser especialmente útil para suturar, além de oferecer conversões consecutivas de imagem que puderam ser visualizadas em tempo real e diminuiu o tempo cirúrgico.
[9]	Melhorar o desempenho médico ao posicionar um cateter de grande calibre para liberar o pneumotórax hipertensivo, com óculos de R.A.	Grupo teste: 13 acadêmicos realizaram a técnica utilizando os óculos de R.A. Grupo controle: 21 acadêmicos confiaram apenas na memória.	Houve maior precisão pelo grupo que utilizou os óculos de R. A. O fator tempo de conclusão não influenciou, uma vez que os resultados foram mais precisos e vantajosos no grupo que utilizou os óculos de R.A., pois este grupo conseguiu avaliar o procedimento com antecedência.

Quadro 2–Descrição dos artigos que analisaram a eficiência dos programas de R.A. em técnicas cirúrgicas

REFERÊNCIA	OBJETIVO (S)	DESENHO DO ESTUDO	RESULTADO (S)
[37]	Descrever um projeto que visa eliminar as mudanças de foco na cirurgia através de um sistema de telemonitoramento.	20 estudantes de medicina implementaram o módulo de treinamento usando um tablet Samsung, com um sistema de telemonitoramento cirúrgico classificado como STAR.	O sistema levou a uma maior precisão e menos mudanças de foco do que um sistema convencional e assim melhorar a precisão do aluno.
[20]	Avaliar a realização de tarefas de "habilidades básicas", "sutura e amarração de nós" no ProMIS.	Realizado com 55 residentes e cirurgiões, distribuídos em 2 grupos com base em sua experiência laparoscópica: "Experientes" (n=27) e "Moderadamente experiente" (n=28) que realizaram tarefas no ProMIS.	O ProMIS foi uma ferramenta útil para o treinamento de habilidades laparoscópicas para residentes cirúrgicos e cirurgiões. Muito realista, com boa aptidão e valor didático.

[21]	Pesquisar a curva de desempenho do módulo de sutura adaptado no simulador ProMIS de R.A.	18 estudantes de medicina ou residentes de cirurgia sem experiência com ProMIS.	O módulo de sutura adaptado no ProMIS foi uma ferramenta potente para obter habilidades de sutura laparoscópica com diminuição do tempo gasto para dar o nó cirúrgico.
[14]	Avaliar um sistema de R.A. para cirurgia de pequenos tumores.	Realizado por neurocirurgiões que usaram a R.A. em 90 rins de suínos.	O sistema desenvolvido foi positivo no tocante a precisão na cirurgia, especialmente em pequenos tumores. As análises dos resultados mostraram 13,8% no grupo R.A. e 30,3% no grupo não-R.A (com $p = 0.01$ ).
[29]	Descrever o desempenho, utilidade e viabilidade da implementação do sistema de presença virtual e R.A. - (VIPAR) como uma ferramenta para educação cirúrgica e tele colaboração entre neurocirurgiões.	Participaram 5 neurocirurgiões pediátricos que desenvolveram uma ferramenta baseada em iPad® e permite aos cirurgiões uma assistência virtual de longa distância através de uma conexão de internet sem fio.	O VIPAR permitiu que ambos os cirurgiões se envolvessem em comunicações visuais e verbais complexas durante o procedimento. Aumentou a segurança da intervenção cirúrgica e mostrou grande potencial para treinamento, pesquisa, avaliação de competência cirúrgica.
[22]	Examinar a utilidade, confiabilidade e aplicabilidade do simulador PROMIS.	Participaram do estudo de coorte 7 residentes sênior e 8 Junior totalizando 15 residentes de urologia. Os participantes foram acompanhados prospectivamente por 6 sessões de treinamento através de um Sistema inanimado validado para avaliação de habilidades laparoscópicas (MISTELS).	As diferenças estatisticamente significativas entre as coortes de 8 juniores e 7 de idosos foram medidas em todas as tarefas do MISTELS. Uma melhoria de 38% na conclusão da tarefa na coorte sênior, bem como uma diminuição de 10 vezes na variância foi observada em comparação para uma melhora de 12% em juniores, indicando maior eficiência do movimento em sênior. O resultado sugere que a métrica de suavidade do simulador híbrido é um ativo valioso em programas de residência para treinamento preparatório para experiência, permitindo uma melhor avaliação dos formandos.
[26]	Reduzir a complexidade visual modelos de planejamento 3D em cirurgias hepáticas.	Introduzir métodos para visualização intraoperatória de modelos de planejamento 3D que ampliam a visualização ilustrativa através técnicas de R.A. ;Criação de um algoritmo de silhueta avançada para modelos de planejamento 3D (silhuetas de	Novos métodos de ilustração para modelos de planejamento 3D foram descritos e considerados benéficos pelos cirurgiões na avaliação da distância na AR cirúrgica. Os

		codificação de distância) combinadas com texturas (superfícies de codificação de distância) e visualização de superfícies de ressecção. Para testar a usabilidade dos métodos, especificaram três cenários em colaboração com 06 cirurgiões experientes em cirurgias hepáticas.	cirurgiões responderam um questionário de avaliação dos cenários montados e identificaram necessidades de ajustes para identificação da profundidade atingida pelo instrumento na ressecções e para melhor visualização de vasos.
[28]	Avaliar um novo método de R.A. para uso clínico em cirurgia de nefrolitotomia, combinando imagens radiológicas, visualização 3D e dispositivos de tecnologia móvel para diagnóstico e terapia médica.	O estudo piloto envolveu modelos fantasmas, animais e aplicação em um caso humano para cirurgia nefrológica.	A R.A. móvel mostrou-se viável, robusta e precisa no modelo humano, fantasma, animal.
[34]	Desenvolver e avaliar um sistema visual que permite aos cirurgiões visualizarem regiões em tempo real, de forma que o instrumento cirúrgico apareça virtualmente transparente.	Este estudo incluiu 22 cirurgiões em uma cirurgia endoscópica no seminário de treinamento no Hospital da Universidade de Kyushu: 19 cirurgiões trainees como média experiência (experiências de cerca de 50 cirurgias) e 3 cirurgiões experientes (experiência de cerca de 200 cirurgias).	O sistema teve um desempenho aceitável. O tempo médio de processamento do protótipo do sistema foi menor do que o tempo aceito de processamento para cirurgias remotas e a avaliação no ambiente de treinamento, mostrou melhora na tarefa cirúrgica resultando em cirurgiões com mais destreza.
[32]	Descrever um sistema de treinamento de cirurgia na coluna vertebral minimamente invasiva, para inserção de parafuso pedicular.	Uso de um sistema de treinamento para cirurgia minimamente invasiva e comparação da atuação de médicos residentes e especialistas. Um modelo físico da coluna é criado com uma impressora tridimensional usando dados específicos do paciente. O virtual foi criado com a tomografia computadorizada. Foram utilizadas telas de computadores e câmeras para rastrear o movimento do treinamento instrumento no espaço do mundo real.	A eficácia e precisão do instrumento para o rastreamento dinâmico não foi satisfatória no sistema criado. O sistema está sendo aperfeiçoado para avaliação em um novo estudo.
[36]	Avaliar um sistema de navegação baseado em registro assistido por ultra-som (US) para colocação de parafusos pediculares através da R.A.	Um registro realizado por ajuste de mínimos quadrados de dois conjuntos de pontos tridimensionais (3D) de pontos anatômicos retirados das imagens US e tomografia. Utilizou-se um fio de Kirschner de 3,0 mm (fio K) em vez de um parafuso pedicular, e o fio K é calibrado para obter sua orientação e localização da ponta. Baseado no registro, imagens 3D a olho nu da trajetória de planejamento e da coluna vertebral são sobrepostas ao paciente in situ usando o sistema de navegação R.A.	O sistema de navegação proposto tem uma precisão de segmentação aceitável. Em particular, o método de navegação proposto reduz exposição repetida à radiação aos pacientes e cirurgiões.

		Simultaneamente, uma imagem 3D do fio K é sobreposta com precisão no real para guiar o procedimento de inserção. A precisão do direcionamento é avaliada no pós-operatório através da realização de uma tomografia.	
[35]	Avaliar a precisão do sistema AR-HIP para a colocação do copo acetabular durante a artroplastia total do quadril, comparado ao método convencional.	Pacientes diagnosticados com osteoartrite secundária com displasia (n= 49) e osteonecrose nos quadris (n=5). Os procedimentos foram realizados por 2 cirurgiões, com os pacientes em posição supina. Foi desenvolvido um sistema de R.A. a partir do modelo 3-D, em um smartphone chamado AR-HIP.	O sistema apresentou uma precisão considerável na medição intra-operatória dos ângulos de colocação do corpo acetabular com relação ao método convencional. O procedimento envolveu uma medição realizada por um único examinador, utilizando a radiografia.
[24]	Validar um processo de cirurgia minimamente invasiva focado na melhoria do aprendizado em cirurgia, treinamento, análise de gestos cirúrgicos e cirurgia assistida, calculando a posição exata da ferramenta laparoscópica R.A., por meio de um novo sistema de rastreamento magnético com diferentes aplicações.	Um drive Linux com protocolo de calibração foi desenvolvido para adquirir a melhor posição de ferramenta laparoscópica em tempo real através do método R.A.	O drive funcionou corretamente e o protocolo de validação consegue atingir a posição aproximada preferida pela pesquisa com baixo custo.
[38]	Avaliar as capacidades de telemonitoramento, tempo de conclusão e eficiência no procedimento da Plataforma STAR com um tablet com visor R.A.	20 estudantes de medicina realizaram marcação anatômica e incisão abdominal em um simulador de paciente.	Participantes usando STAR tiveram uma experiência mais imersiva e melhor troca de informações com o mentor, realizaram movimentos mais naturais e usaram seu espaço de trabalho com mais eficiência.
[25]	Avaliar um novo método de visualização intraoperatória durante cirurgia minimamente invasiva que detecte estruturas durante a laparoscopia, utilizando tomografia computadorizada (T.C.) com sistema R.A.	Suínos foram conduzidos a uma sala de T.C. com um sistema de laparoscopia totalmente equipada. Através do registro da T.C. inicial, esta imagem foi fundida com imagens laparoscópicas para criar R.A. ao vivo.	A utilização da TC com R.A. resultou em vantagens na visualização intraoperatória e considerável redução da dose de radiação.
[30]	Descrever, avaliar e proporcionar ao neurocirurgião residente um método mais eficiente na neurocirurgia, através do sistema de presença virtual e R.A (VIPAR) para uso em procedimentos de endarterectomia carotídea e craniotomia pterional em amostras de cadáveres humanos.	O estudo foi realizado por neurocirurgião residente (local), neurocirurgião (assistente remoto) e a anatomista (assistente remoto) em cadáveres humanos. Na cabeça e colo de cadáver foi realizado uma endarterectomia de carótida (CEA) e craniotomia pterional sob o sistema VIPAR.	O sistema VIPAR permitiu a interação virtual em tempo real entre o residente e cirurgião remoto. Em ambas as disseções de carótida e pterional, estruturas anatômicas principais foram visualizadas e identificadas.
[31]	Apresentar assistência na cirurgia da coluna vertebral, denominado	3 ensaios clínicos foram realizados por 2 cirurgiões, que operaram a coluna vertebral	Os participantes do estudo consideraram um sistema

	sistema ARCASS e fornecer visualização 3D do paciente pré-operatório.	de 3 pacientes. Os cirurgiões calcularam a posição dos instrumentos cirúrgicos em várias telas de exibição.	simples e com resultados extremamente promissores. Houve redução da radiação aos pacientes e tempo cirúrgico em encontrar o ponto de entrada foi de 70%.
--	---	---	--

#### 4 DISCUSSÃO

A evidente alavancagem da utilização da realidade aumentada na área da saúde nos últimos anos dá-se pela popularização dos métodos tecnológicos no aperfeiçoamento de técnicas cirúrgicas a fim de otimizar o tempo gasto nos procedimentos e ampliar o campo de visão do cirurgião, minimizando os riscos aos pacientes [5-7].

As avaliações secundárias dos artigos selecionados originaram duas categorias: a Categoria 1 (técnicas de R.A. para aperfeiçoamento do ensino médico-cirúrgico), que foi subdividida em três classes: 1ª a utilização de óculos inteligentes, que segundo os estudos otimizaram o campo de visão do cirurgião e trouxeram mais precisão aos procedimentos, mostrando diferenças significativas no desempenho e fornecendo mais segurança para residentes na sua formação cirúrgica. Outro benefício foi a diminuição do tempo cirúrgico, sem afetar a eficiência [10,13].

Este recurso foi empregado em 3 especialidades cirúrgicas: urologia, cirurgia torácica e cerebrais. De acordo com Barsom e Schijven [5], a R.A. gera uma experiência imersiva que difere da R.V.: em situações raras ou complexas, como variações anatômicas ou emergências, podem ser treinadas de forma mais aprimorada e realista.

A 2ª subcategoria traz a utilização de instrumentos de ensino para cirurgias vídeo laparoscópicas e reafirma a importância da R.A. no nivelamento do ensino de residentes, e estudantes de área médica, no aprimoramento das técnicas [18, 22-25]. Trabalham com a comparação de técnicas empregadas por profissionais experientes e estudantes avaliação desses procedimentos, mencionando que, mesmo sendo eficazes nos casos empregados, necessitam de aprimoramento [26]. Os artigos dessa categoria expõem erros e falhas encontrados a fim de solucionar.

O ponto crucial desses estudos firma-se na obtenção de habilidades na execução cirúrgica, com a realização de testes em animais para ressecção de tumores, treinamento com dispositivos robóticos para desenvolver a destreza e coordenação olho-mão. Dois dos seis artigos trazem a aplicabilidade de simuladores na sutura das cirurgias e consideram eficazes seus usos. E um dos projetos avaliados traz o uso de um sistema de rastreamento e sobreposição

de imagens mais profundas e internas. Assim, a utilização da R.A. reduz significativamente falhas no sistema de orientação e precisão em cirurgias, proporcionando uma maior experiência e habilidade dos participantes, quando comparado com a não utilização da R.A., mostrando um grande potencial e aliado em cirurgias vasculares e ressecção de tumores.

A terceira subcategoria foi a utilização de instrumentos de ensino em outros tipos de cirurgia, como a neurocirurgia. O sistema de codificação de cores utilizado forneceu segurança ao procedimento com rede vascular em cirurgias complexas como as de malformações arteriovenosas. Contudo, faz-se necessária a avaliação uniforme, estratégias e trajetória de validação completa para a implementação dessas novas técnicas [31].

A segunda categoria se refere à eficiência dos programas de R.A. em técnicas cirúrgicas. A utilização do programa ProMIS, como ferramenta de treinamento na realização de suturas, demonstrou ser eficiente para diversas cirurgias vídeo laparoscópicas, além de ser uma boa ferramenta para treinamento de habilidades e aprimoramento. Thomas [39] destaca que a simulação cirúrgica é extremamente benéfica no desenvolvimento de competências e técnicas. Ainda nessa categoria foi avaliado o uso de R.A. na associação de imagens de tomografia computadorizada em cirurgia laparoscópica. A vantagem desse recurso consistiu na diminuição de radioatividade que o paciente é exposto [37].

A utilidade de instrumentos de R.A. em outros tipos de cirurgia também foi testada em animais, cadáveres e humanos, e abrangeu diversas áreas cirúrgicas. A R.A. foi empregada a fim de aprimorar a técnica, abrindo o campo de visão de cirurgiões e residentes, proporcionando uma nova proposta de interação de cirurgiões *in loco* com cirurgiões em outras localidades no ato cirúrgico, permitindo o que chamaram de “alcançar o campo cirúrgico digitalmente” [29-32].

A realização de procedimento norteado por cirurgiões em ambientes distintos depende de todo um apoio tecnológico. No entanto, a sua utilização adiciona informações dentro do campo de visão dos cirurgiões, aumentando a eficiência e precisão dos procedimentos executados [38].

## **5 CONCLUSÃO**

O avanço das tecnologias na medicina e a busca por novos métodos vêm proporcionando a utilização de simulações como uma ferramenta útil para treinamento e aprimoramento técnico na prática clínica e cirúrgica. E apesar de ser uma tecnologia nova,

vem ganhando espaço e atualmente tem aumentado cada vez mais a aplicação desse método para o aprimoramento da medicina e/ou ensino médico cirúrgico [5].

De maneira geral, os artigos demonstraram vantagens diferenciadas com a utilização da R.A., que proporciona ao usuário uma maior precisão, segurança e eficácia nas cirurgias e outros procedimentos clínicos. Essa pesquisa reforça que a R.A. é uma ferramenta de grande importância no ensino e formação de alunos e profissionais da área médica, pois permite a realização de mecanismos inovadores e aplicação de procedimentos com técnicas mais eficientes, além da minimização de erros.

## REFERÊNCIAS

Al-Issa, H., Regenbrecht, H., e Hale, L. Aplicações de realidade aumentada em reabilitação para melhorar os resultados físicos. *Physical Therapy Reviews*, 17 (1), 16-28. doi: 10.1179 / 1743288x11y.0000000051

Shuhaiber JH. Augmented Reality in Surgery. *Arch Surg*. 2004;139(2):170–174. doi:10.1001/archsurg.139.2.170

FengZhou, Duh, HB-L. E Billinghamurst, M. Tendências em rastreamento de realidade aumentada, interação e exibição: Uma revisão de dez anos da ISMAR. 2008. doi: 10.1109 / ismar.2008.4637362

Vávra, P., Roman, J., Zonca, P., Ihnát, P., Němec, M., Kumar, J. El-Gendi, A. Desenvolvimento recente de realidade aumentada em cirurgia: uma revisão. *JournalofHealthcareEngineering*, 2017, 1–9. doi: 10.1155 / 2017/4574172

Barsom EZ, Graafland M, Schijven MP. Systematic review on the effectiveness of augmented reality applications in medical training. *Surgical Endoscopy*. 2016;30(10):4174-83. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00464-016-4800-6>.

Chu MW, Moore J, Peters T, Bainbridge D, McCarty D, Guiraudon GM, et al. Augmented reality image guidance improves navigation for beating heart mitral valve repair. *Innovations (Phila)* 2012;7(4):274–281. DOI: 10.1097 / IMI.0b013e31827439ea.

Szabo Z, Berg S, Sjokvist S, Gustafsson T, Carleberg P, Uppsall M, et al. Real-time intraoperative visualization of myocardial circulation using augmented reality temperature display. *Int J CardiovascImaging*. 2013;29(2):521–528. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10554-012-0094-5>.

Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., &MacIntyre, B. Avanços recentes na realidade aumentada. *Computação Gráfica e Aplicativos IEEE*, 21 (6), 34–47. DOI: 10.1109 / 38.963459

Wilson KL., Doswell JT., Fashola OS., Debeatham W., Darko N., Walker TM., Danner OK., Matthews LR., William WL. Using augmented reality as a clinical support tool to assist combat medics in the treatment of tension pneumothoraces. *Military medicine*. 2013; 178(9): 981–5. DOI: <https://doi.org/10.7205/MILMED-D-13-00074>

Dickey RM, Srikishen N, Lipshultz LI, Spiess PE, Carrion RE, Hakky TS. Augmented reality assisted surgery: a urologic training tool. *Asian J. Androl*. 2016; 18: 732–734. DOI: 10.4103 / 1008-682X.166436

Maruyama K, Watanabe E, Kin T, Saito K, Kumakiri A, Noguchi A, et al. Smart Glasses for Neurosurgical Navigation by Augmented Reality. *OperNeurosurg (Hagerstown)*. 2018; 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1093/ons/opx279>

Borgmann H, Rodríguez RM, Salem J, Tsaor I, Gomez RJ, Barret E, et al. Feasibility and safety of augmented reality-assisted urological surgery using smartglass. *World J Urol*. 2017; 35(6): 967–972. DOI: 10.1007 / s00345-016-1956-6

Lahanas V, Loukas C, Smailis N, Georgiou E. A novel augmented reality simulator for skills assessment in minimal invasive surgery. *SurgEndosc*. 2015; 29: 2224–34. DOI: 10.1097 / PRS.0b013e318287a0b3

Chauvet P, Collins T, Debize C, Novais-Gameiro L, Pereira B, Bartoli A, et al Augmented reality in a tumor resection model. *SurgEndosc*. 2017; 32(3): 1192-1201. DOI: 10.1097 / PRS.0b013e318287a0b3

Sato M, Koizumi M, Hino T, Takahashi Y, Nagashima N, Itaoka N, Ueshima C, et al. Exploration of assistive technology for uniform laparoscopic surgery. *Asian J EndoscSurg*. 2018; 1-4. DOI: 10.1097 / PRS.0b013e318287a0b3

Oostema JA, Abdel MP, Gould JC. Time-efficient laparoscopic skills assessment using an augmentedreality simulator. *SurgEndosc*. 2008; 22: 2621–4. DOI: 10.1007/s00464-008-9844-9

Botden SMBI, Hingh IHJT, Jakimowicz JJ, Meaningful assessment method for laparoscopic suturing training in augmented reality. *SurgEndosc*. 2009; 23: 2221–8. DOI 10.1007/s00464-008-0276-3

Haouchine N, Dequidt J, Berger M-O, Cotin S. Deformation-based Augmented Reality for Hepatic Surgery. *Studies in Health Technology and Informatics*, IOS Press, 2013; 184, 1-8. DOI: 10.3233/978-1-61499-209-7-182

Cabrilo I, Bijlenga P, Schaller K. Augmented reality in the surgery of cerebral arteriovenous malformations: technique assessment and considerations. *ActaNeurochir (Wien)*. 2014; 156(9): 1769-74. DOI: 10.1007/s00701-014-2183-9.

Botden SM, Buzink SN, Schijven MP, Jakimowicz JJ. ProMIS augmented reality training of laparoscopic procedures face validity. *Simul Healthc*. 2008; 3: 97–102. DOI: 10.1097/SIH.0b013e3181659e91.

Botden SM, de Hingh IH, Jakimowicz JJ. Suturing training in Augmented Reality: gaining proficiency in suturing skills faster. *SurgEndosc.* 2009;23(9):2131-7. DOI: 0.1007/s00464-008-0240-2

Feifer, Andrew, JoséDelisle and Maurice Anidjar. “Hybrid augmented reality simulator: preliminary construct validation of laparoscopic smoothness in a urology residency program.” *The Journal of urology.* 2008; 180(4): 1455-9. DOI: 10.1016/j.juro.2008.06.042.

Leblanc F, Senagore AJ, Ellis CN, Champagne BJ, Augestad KM, Neary PC, Delaney CP. Hand-assisted laparoscopic sigmoid colectomy skills acquisition: augmented reality simulator versus human cadaver training models. *JSurg Educ.* 2010; 67(4): 200-4. DOI: 10.1016/j.jsurg.2010.06.004.

Pagador JB1, Sánchez LF, Sánchez JA, Bustos P, Moreno J, Sánchez-Margallo FM. Augmented reality haptic (ARH): an approach of electromagnetic tracking in minimally invasive surgery. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2011;6(2):257-63. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11548-010-0501-0>

Shekhar R, Dandekar O, Bhat V, Philip M, Lei P, Godinez C, et al. Live augmented reality: a new visualization method for laparoscopic surgery using continuous volumetric computed tomography. *SurgEndosc.* 2010; 24: 1976–85. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00464-010-0890-8>

Hansen C, Wieferich J, Ritter F, Rieder C, Peitgen HO. Illustrative visualization of 3D planning models for augmented reality in liver surgery. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2010; 5(2):133-41. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11548-009-0365-3>

Ntourakis D, Memeo R, Soler L, Marescaux J, Mutter D, Pessaux P. Augmented Reality Guidance for the Resection of Missing Colorectal Liver Metastases: An Initial Experience. *World J Surg.* 2016;40(2):419-26. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00268-015-3229-8>

Kenngott HG, Preukschas AA, Wagner M, Nickel F, Müller M, Bellemann N, et al. Mobile, real-time, and point-of-care augmented reality is robust, accurate, and feasible: a prospective pilot study. *SurgEndosc.* 2018;32(6):2958-67. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00464-018-6151-y>

Davis MC, Can DD, Pindrik J, Rocque BG, Johnston JM. Virtual Interactive Presence in Global Surgical Education: International Collaboration Through Augmented Reality. *World Neurosurg.* 2016; 86:103-11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2015.08.053>

Shenai MB, Dillavou M, Shum C, Ross D, Tubbs RS, Shih A, et al. Virtual interactive presence and augmented reality (VIPAR) for remote surgical assistance. *Neurosurgery.* 2011; 68(1 Suppl Operative):200-7. DOI: <https://doi.org/10.1227/NEU.0b013e3182077efd>

Wu JR, Wang ML, Liu KC, Hu MH, Lee PY. Real-time advanced spinal surgery via visible patient model and augmented reality system. *Comput. Methods Programs Biomed.* 2014; 113(3): 869-81. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2013.12.021>

Liu X, Bai H, Song G, Zhao Y, Han J. Augmented reality system training for minimally invasive spine surgery. 2017, 1200-5. DOI: 10.1109/ROBIO.2017.8324581

Fuerst D, Stephan D, Augat P, Schrempf A. Foam phantom development for artificial vertebrae used for surgical training. IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO), 2017. DOI: 10.1109/EMBC.2012.6347306

Koreeda Y, Kobayashi Y, Ieiri S, Nishio Y, Kawamura K, Obata S, et al. Virtually transparent surgical instruments in endoscopic surgery with augmentation of obscured regions. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2016; 11(10): 1927-36. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11548-016-1384-5>

Ogawa H, Hasegawa S, Tsukada S, Matsubara M. A Pilot Study of Augmented Reality Technology Applied to the Acetabular Cup Placement During Total Hip Arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2018; 33(6): 1833-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arth.2018.01.067>

Ma L, Zhao Z, Chen F, Zhang B, Fu L, Liao H. Augmented reality surgical navigation with ultrasound-assisted registration for pedicle screw placement: a pilot study. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2017; 12(12): 2205-15. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11548-017-1652-z>

Andersen D, Popescu V, Cabrera ME, Shanghavi A, Gomez G, Marley S, et al. Avoiding Focus Shifts in Surgical Telementoring Using an Augmented Reality Transparent Display. *Stud Health Technol Inform.* 2016; 220: 9-14. DOI: 10.3233/978-1-61499-625-5-9

Rojas-Muñoz E, Cabrera ME, Andersen D, Popescu V, Marley S, Mullis B, et al. Surgical Telementoring Without Encumbrance: A Comparative Study of See-through Augmented Reality-based Approaches. *Ann Surg.* 2018; 20(20), 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000002764>

Thomas PM. The role of simulation in the development of technical competence during surgical training: a literature review. *Int J Med Educ.* 2013; 4:48-58. DOI: <https://dx.doi.org/10.5116%2Fijme.513b.2df7>