

Capítulo

2

Simuladores imersivos para ensino em saúde: futuro ou realidade?

Luciana Nedel (UFRGS), Carla M.D.S. Freitas (UFRGS), Matheus D. Negrão (UFRGS), Wesley Ferreira (UFRGS), Anderson Maciel (IST, UFRGS), Ana Paula Rosses (UFPEl), Betânia Bohrer (UFRGS), Rafael Torchelsen (UFPEl), Lucas Alviene (UFRGS), Leonardo Guths (UFRGS), Zaira Teston (UFRGS)

Abstract

Virtual reality (VR) training has been used for decades, starting with flight simulators in the 1970s. VR has also been applied to physical and mental health, including surgical and rehabilitation applications. However, its use in other healthcare areas remains limited. Virtual simulations offer personalized training for different profiles, from novices to specialists. Recently, advancements and availability in VR hardware have improved the quality of experiences, making simulators more comfortable and efficient. This chapter discusses the use of immersive simulators in teaching technical and behavioral skills in healthcare, highlighting the evolution of the technology, current applications, and future challenges.

Resumo

Treinamento em realidade virtual (RV) vem sendo usado há décadas, tendo iniciado com os simuladores de voo na década de 1970. Realidade virtual também tem sido usada aplicada à saúde física e mental, incluindo aplicações em cirurgias e reabilitação. No entanto, o uso em outros cuidados de saúde ainda é limitado. Simulações virtuais oferecem treinamento personalizado para diferentes perfis, desde novatos até especialistas. recentemente, avanços e disponibilidade no hardware de RV melhoraram a qualidade das experiências, tornando os simuladores mais confortáveis e eficientes. Este capítulo discute o uso de simuladores imersivos no ensino de habilidades técnicas e comportamentais na saúde, destacando a evolução da tecnologia, as aplicações atuais e os desafios futuros.

2.1. Introdução

Simulações utilizando realidade virtual têm sido aplicadas para treinamento em diversos contextos há décadas (Zyda, 2005). Os simuladores de voo começaram na década de 1970 e desde então vários simuladores têm sido usados tanto na indústria da aviação civil como no treinamento militar.

Nas últimas décadas, temos testemunhado ainda o uso crescente da tecnologia de realidade virtual (RV) e realidade aumentada (RA) em diversas aplicações relacionadas à saúde física e mental humana. Uma das áreas onde se tem observado o uso de tecnologias de RV no contexto da saúde é a dos procedimentos cirúrgicos. Há décadas, simuladores virtuais são utilizados para praticar desde técnicas minimamente invasivas até cirurgias maxilofaciais e neurológicas complexas (Lungu et al., 2021). Na saúde mental, encontramos aplicações que visam o tratamento de fobias e reabilitação de situações graves. Um exemplo de aplicação para reabilitação é apresentado por Raya et al. (2023), que relata um aplicativo para uso em UTI pediátrica para tratar e reabilitar crianças em situação de delirium. O aplicativo fornece estímulos externos e representa uma potencial terapia não farmacológica.

Entretanto, a utilização de tecnologia semelhante em outros ambientes de cuidado de saúde, como atendimento inicial de emergência, consultas de pacientes ou enfermarias, tem sido limitada pela necessidade de um ambiente adequado e flexível. Isso se deve ao fato de que, num cenário de ensino prático convencional de *role-playing* de consulta médica, por exemplo, além de fornecer o diagnóstico correto, é importante avaliar a lógica por trás dele (Libin et al., 2010). Isso significa que elementos como as perguntas feitas e as não feitas, a escolha dos exames físicos e a condução da conversa são igualmente relevantes para a formação do profissional (Caldwell, 2019).

A demanda por profissionais de saúde tem aumentado rapidamente e estima-se que cresça ainda nas próximas décadas, mas a capacidade das Universidades para formar médicos, enfermeiros e outros profissionais de saúde não aumenta no mesmo ritmo. Isto se deve ao uso de técnicas tradicionais de ensino-aprendizagem que exigem um especialista dedicado para treinar e avaliar cada estudante de forma individualizada. Embora em muitas outras áreas profissionais o uso da Web, o ensino remoto e os sistemas de auto-aprendizagem tenham obtido bons resultados no aumento das taxas aluno-professor, no ensino na área da saúde isso é mais desafiador, pois requer habilidades práticas que devem ser aprendidas e exercitadas em um cenário prático de *role-playing* sob supervisão de um profissional mais experiente (Joyner and Young, 2009, Nestel and Tierney, 2007), o qual geralmente dispõe de tempo limitado para tais atividades.

Entre os benefícios já consolidados da simulação virtual para o ensino de competências na área da saúde estão a capacidade de personalizar o treinamento e atender os mais diversos perfis de alunos, desde iniciantes até especialistas. Entre os novatos, pode haver um ganho de confiança devido ao treino repetido de procedimentos. Já os especialistas podem dominar algumas situações complexas e raras que não apresentam oportunidades suficientes para o treinamento frequente e, até mesmo, para a manutenção de uma competência conquistada.

Um aspecto importante que facilita essa evolução nas aplicações de ensino em

saúde é a qualidade atual do hardware de realidade virtual. Até recentemente, a tecnologia de RV não atendia aos padrões de qualidade para simular adequadamente cenários em que pudessem ser avaliados tanto aspectos comportamentais como técnicos dos procedimentos médicos. Esse panorama mudou a partir dos avanços recentes, pois o hardware se tornou mais difundido por um custo menor, além de mais confortável e leve. Algumas novas funcionalidades têm contribuído para uma melhor experiência do usuário, por exemplo, o rastreamento da movimentação do corpo e mãos sem fio e sem a necessidade de infraestrutura externa instalada; e o campo de visão dos *head-mounted displays* (HMD), que mais que dobrou. Estes avanços permitem focar em duas frentes de pesquisa e desenvolvimento. A primeira é como projetar e desenvolver simuladores imersivos que se adaptem à necessidade de treinamento de cada situação. Já a segunda é definir como as habilidades a serem aprendidas e treinadas devem ser replicadas e avaliadas no ambiente imersivo.

Dado esse contexto geral, o objetivo deste capítulo é discutir o uso de simuladores imersivos no ensino de habilidades técnicas (*hard skills*) e não técnicas (*soft skills*) na área da saúde, mais especificamente, no ensino médico. Apresentaremos uma breve revisão dos conceitos principais associados à área de realidade virtual e a evolução e o cenário atual dos simuladores utilizando essa tecnologia na área da saúde. Discutiremos ainda como tem sido feita a transposição das habilidades técnicas e comportamentais para a interação tridimensional (3D) nos ambientes imersivos. Apresentaremos o posicionamento mercadológico dos atuais simuladores e seus usos na formação de novos profissionais, permitindo o treinamento prático sem expor os pacientes e de forma autônoma, sem a necessidade de acompanhamento individual com um especialista. Finalmente, discutiremos os desafios atuais e perspectivas desse cenário para o futuro próximo.

2.2. Evolução da área

O conceito de realidade virtual foi introduzido pela primeira vez por Ivan Sutherland em seu trabalho seminal “The Ultimate Display”, de 1965. Naquela época, Sutherland já sugeria que um *display* poderia ser construído para fornecer imagens geradas por computador tão realistas que seriam indistinguíveis das coisas reais. Três anos depois, em 1968, ele produziu o primeiro capacete de realidade virtual acoplado a um computador. Esse capacete era composto por dois pequenos monitores CRT (*cathode ray tube*) montados em uma bandana e rastreava a posição da cabeça do usuário. A ideia por trás desse “novo” produto é reproduzida no parágrafo a seguir:

Não pense nisso como uma tela, pense nisso como uma janela, uma janela através da qual alguém olha para um mundo virtual. O desafio da computação gráfica é fazer com que esse mundo virtual tenha aparência real, soe real, se mova, dê respostas em tempo real, e até mesmo cause sensações reais.¹

2.2.1. Conceitos

Durante a última década, o termo “realidade virtual” tornou-se popular e tem sido usado indiscriminadamente para caracterizar desde simples aplicativos gráficos interativos até

¹tradução livre do original (Sutherland, 1965)

experiências totalmente imersivas, às vezes misturando objetos virtuais e reais. Percebendo a falta de uma taxonomia para distinguir tais aplicações interativas, Milgram and Kishino (1994) propuseram o *continuum* da virtualidade, que está relacionado com a mistura de classes de objetos apresentados em qualquer situação de exibição. Ambientes reais são mostrados em uma extremidade do continuum, enquanto ambientes virtuais estão na extremidade oposta. Nesse contexto, esses autores propuseram um conceito claro e simples para a realidade virtual. Para eles,

Um ambiente de Realidade Virtual (RV) é aquele em que o participante-observador está totalmente imerso e é capaz de interagir com um mundo completamente sintético.

Em outras palavras, podemos dizer que a realidade virtual é um meio composto por simulações computadorizadas e interativas que detectam a posição e as ações do participante e substituem ou aumentam o feedback para um ou mais sentidos, proporcionando a sensação de estar mentalmente imerso ou presente na simulação (um mundo virtual).

Quatro elementos-chave são necessários para uma experiência de realidade virtual: mundo virtual, sensação de imersão, feedback sensorial e interatividade.

Enquanto o conceito de **mundo virtual** é bastante óbvio e se refere a um espaço imaginário composto por um conjunto de objetos representados em 3D e acrescido de regras que governam esses objetos, a **imersão** nesse mundo pode ser tanto física quanto mental. O estado de imersão mental, ou seja, estar profundamente envolvido, é frequentemente referido como ter um “senso de presença” em um ambiente, sendo um desafio na área medir esse “senso de presença” (Nedel et al., 2016). A imersão física, por outro lado, requer o uso de estímulos sintéticos por meio de tecnologias que ajudem o corpo a sentir o ambiente virtual.

O **feedback sensorial** é uma característica essencial das aplicações de realidade virtual. Um sistema de RV fornece feedback sensorial direto aos participantes com base em sua posição física. Na maioria dos casos, o feedback é visual, embora ambientes de realidade virtual ideais devam estimular todos os sentidos humanos (audição, visão, tato, olfato e paladar). Para gerar a saída sensorial do sistema de RV na posição do participante, o sistema deve rastrear seus movimentos. Um sistema de RV típico rastreará a cabeça dos participantes e pelo menos as mãos ou objetos segurados pelas mãos.

Para que a realidade virtual pareça autêntica, ela deve responder às ações do usuário, ou seja, ser responsiva e, mais do que isso, **interativa**. Geralmente, os computadores permitem isso, mas alguns requisitos tecnológicos devem ser considerados: hardware de geração de imagens 3D em tempo real e geração de som estéreo de alta qualidade; dispositivos de entrada e saída específicos que simulam e estimulam os sentidos humanos; e software para simular ambientes virtuais, muitas vezes com alto nível de realismo, que permitem uma resposta imediata às ações do usuário. Esses requisitos tecnológicos compõem os elementos centrais das interfaces humano-computador em RV.

O termo **metaverso** se refere a um espaço virtual tridimensional coletivo e compartilhado, que tenta replicar ou simular a realidade através de dispositivos digitais. Ele representa a possibilidade de uma espécie de realidade paralela onde as pessoas podem

interagir, criar, explorar e socializar (Wikipedia, 2023). A ideia central de metaverso é criar um ambiente digital imersivo e expansível, semelhante a um universo virtual, onde os usuários podem se conectar e interagir como se estivessem fisicamente presentes. Esses ambientes podem variar em termos de realismo, desde mundos virtuais altamente detalhados até espaços mais estilizados e simplificados. Em outras palavras, seria a Internet 3D populada por pessoas reais representadas pelos seus avatares.

Desta forma, ainda que o conceito esteja largamente difundido e o termo venha sendo empregado exaustivamente, na prática o metaverso ainda não existe. Deverá ser uma construção coletiva, a exemplo do que aconteceu anteriormente com a Web. No caso do metaverso, entretanto, são consideradas 7 camadas (ver Figura 2.1).

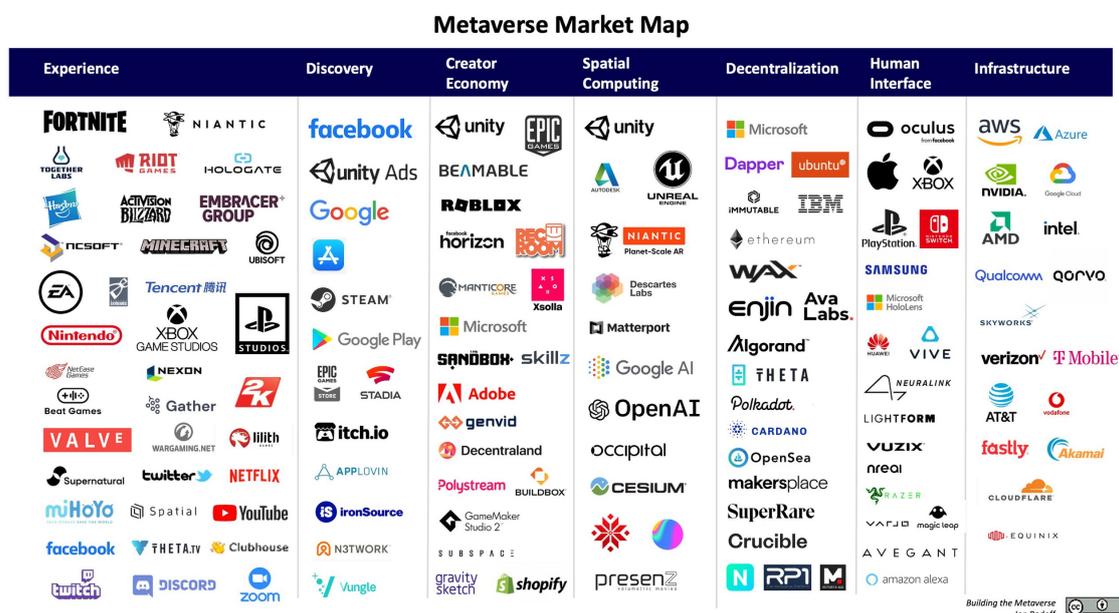


Figura 2.1. As sete camadas do metaverso e as empresas-chave que atuam em cada uma. Fonte: Wikipedia (2023).

A primeira camada é a **infraestrutura**, a base técnica que dará suporte para todo o projeto, incluindo as tecnologias 5G (e 6G), já que velocidade, processamento e armazenamento em nuvem são essenciais. A segunda camada é a **interface** necessária para acessar o metaverso e inclui os óculos de realidade virtual e aumentada, smartphones e toda a tecnologia necessária para conectar os avatares digitais à experiência sensorial física dos usuários. O terceiro nível é a **descentralização** e envolve a tecnologia necessária para garantir a liberdade para que todas as pessoas naveguem de um ambiente a outro. É esperado que *blockchain*, NFTs e inteligência artificial tenham um papel importante neste nível.

A quarta camada está sendo chamada de **computação espacial** e visa garantir a integração do mundo virtual com o mundo real. Ela faz uso de realidade virtual, realidade aumentada, sensores, dispositivos e técnicas de interação 3D para fazer o mapeamento entre os dois mundos. A quinta camada é chamada de **economia de criação** e envolve uma infinidade de ferramentas de *design*, fluxos de trabalho personalizados, mercados de

ativos, *assets*, etc. Existe a expectativa de que essa camada envolva a colaboração entre as empresas da área.

A sexta camada, **descoberta**, permitirá que as empresas monetizem com os usuários através de publicidade, reviews, lojas, etc. Finalmente, a sétima e última camada é denominada **experiência**. É nesta camada que o público é atraído e cativado através de um espaço de entretenimento e gamificação (ver Figura 2.2). A camada de experiência envolve o desenvolvimento e a disponibilização de conteúdo através das diversas aplicações. Estima-se que educação, entretenimento, trabalho colaborativo, e jogos são as áreas que mais se beneficiarão do metaverso.



Figura 2.2. Espaço do INF-UFRGS no metaverso, criado com a ferramenta Mozilla Hubs.

Para que o metaverso seja uma realidade, pesquisadores, empresas de tecnologia e desenvolvedores independentes estão explorando ativamente esse conceito e trabalhando separadamente nas sete camadas identificadas (ver Figura 2.1).

2.2.2. Evolução dos simuladores em realidade virtual

Sistemas de realidade virtual têm sido amplamente utilizados para treinar profissionais em áreas tão diversas como medicina, indústria, combate a incêndios, educação e saúde. Essas aplicações são apresentadas como jogos com um propósito sério, simplesmente *jogos sérios* – *serious games* (SGs) – ou ainda *jogos aplicados*. Sawyer (2007) os define como “qualquer uso significativo de recursos de jogos informatizados ou da indústria de jogos cuja missão principal não seja o entretenimento”. Zyda (2005) descreve como sendo “um

desafio mental, jogado com um computador de acordo com regras específicas, que usa o entretenimento para promover objetivos de treinamento governamentais ou corporativos, educação, saúde, políticas públicas e comunicação estratégica”. Finalmente, de acordo com Michael and Chen (2005), são “jogos que não têm entretenimento ou diversão como seu principal objetivo”.

Assim como os jogos de vídeo, os SGs envolvem jogabilidade, desafio, interação e objetivo, enquanto as aplicações *gamificadas* incorporam apenas elementos de jogos (Deterding et al., 2011). Segundo esses autores, *gamificação* é definida como “o uso de elementos de design de jogos em contextos não relacionados a jogos”. Esses elementos podem estar relacionados a:

- componentes de *design* de interação e soluções de *design* para um problema conhecido em um contexto, como crachá, classificação e nível;
- componentes de jogabilidade, como limite de tempo, recursos limitados e rodadas;
- diretrizes avaliativas, como um jogo duradouro e objetivos claros;
- modelos conceituais de componentes de jogos, como desafio, fantasia e curiosidade; e
- práticas e processos, como testes de jogo e *design* centrado no jogo.

Além disso, os SGs são construídos sobre estruturas pedagógicas e educacionais, que definem a relação entre aprendizado e mecanismos de jogo, garantindo uma combinação bem sucedida desses fatores para alcançar seu propósito sério. O *framework* apresentado por Ibanez et al. (2011) abrange seis facetas do desenvolvimento de SGs:

- objetivos de aprendizado, que definem um quadro de referência do domínio a ser ensinado;
- simulação de domínio, que define um modelo formal estabelecendo as bases da simulação;
- interação com a simulação de domínio, que é o coração da metáfora;
- problemas e progressão, que definem o nível de dificuldade e a progressão de habilidades;
- decoração, que descreve como entreter e envolver o jogador; e
- implantação, que descreve as condições de uso para preservar as qualidades de aprendizado do jogo.

Técnicas de *design* de jogos podem ser úteis para criar aplicativos de RV mais envolventes e que sejam, ao mesmo tempo, mais atrativos para o público. Essas aplicações, combinadas com a crescente disponibilidade de óculos de realidade virtual (HMDs) para

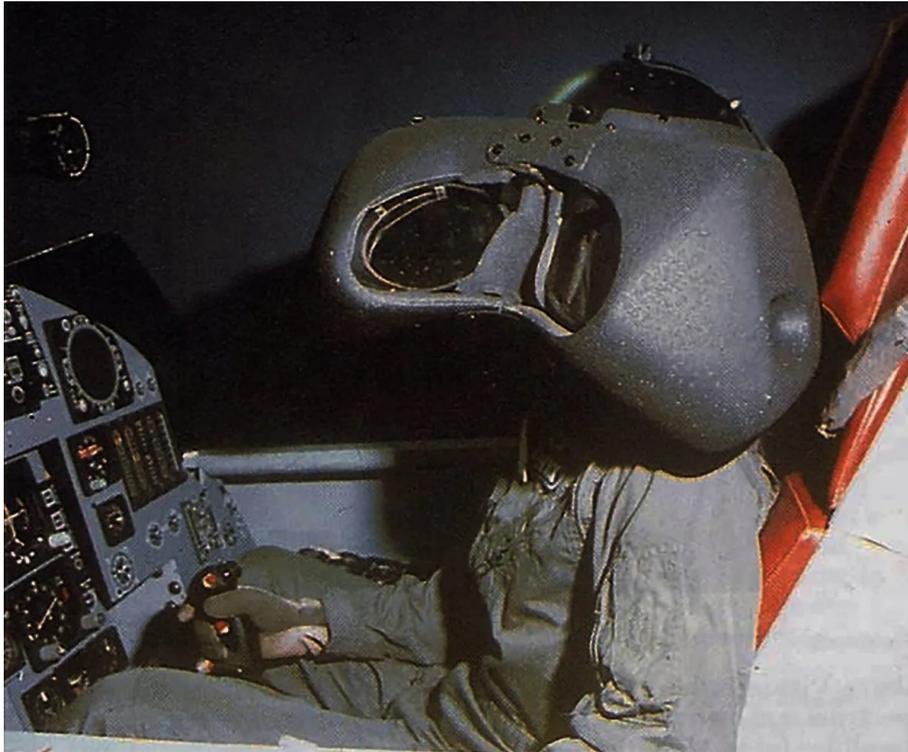


Figura 2.3. Protótipo do Super Cockpit ³

consumidores, podem levar a um futuro em que as pessoas treinem e aprendam usando a RV imersiva. Níveis mais elevados de imersão têm apresentado efeitos positivos em julgamentos espaciais em pequena escala e memorização. A combinação desses fatores leva à memorização de procedimentos complexos, o que permite que o ambiente virtual produza resultados de treinamento e aprendizado. Bowman et al. (2009) fornecem evidências empíricas de que um alto nível de imersão também pode produzir uma melhoria mensurável no desempenho de uma atividade mental abstrata. Chalmers and Debattista (2009) afirmam que um alto nível de realismo é necessário para garantir que o treinamento e a aprendizagem em ambientes virtuais sejam equivalentes ao mundo real. Eles também devem ser capazes de simular todos os sentidos humanos simultaneamente.

A RV imersiva combinada com técnicas usadas em jogos leva ao desenvolvimento de simulações imersivas com aspectos de jogo que permitem o envolvimento em atividades de aprendizado que de outra forma seriam caras ou muito perigosas, difíceis ou impraticáveis de implementar em sala de aula. Seu uso ajuda a mudar o relacionamento das pessoas com as informações, incentivando a visualização, experimentação e criatividade. Elas são flexíveis e complexas o suficiente para atender a diferentes estilos de aprendizado e ampliar a exposição de diferentes pessoas e perspectivas, incentivando a colaboração e apoiando discussões significativas após o jogo.

A evolução notável dos simuladores em realidade virtual alcança o treinamento em saúde, impulsionada tanto pelos avanços tecnológicos já mencionados como por pesquisas científicas dedicadas. A aviação foi parte importante na evolução de simuladores

³<https://garc.space/history/tom-furness-cockpit-vr/>

imersivos, sendo uma das primeiras áreas profissionais a aplicar treinamentos usando *head-mounted displays*, como projeto do Super Cockpit da força aérea dos Estados Unidos (ver fig. 2.3), um dos primeiros protótipos para treinamento usando realidade virtual Furness III (1986). A constatação dessa evolução pode ser observada a partir dos primeiros simuladores imersivos surgidos no final do século XX, como os simuladores para treinamento em procedimentos de laparoscopia (Satava, 1993), até os dias atuais, onde a tecnologia de realidade virtual está integrada com feedback háptico e inteligência artificial.

Nos anos 2000, estudos demonstraram aplicações em realidade virtual que se propunham a expor terapeuticamente militares em situação de combate, oferecendo uma abordagem para o tratamento de estresse pós-traumático (Rizzo et al., 2009). Mais recentemente, com a evolução dos óculos de realidade virtual *All-in-one*, esses dispositivos estão se tornando mais leves e baratos. Car et al. (2022) mapeou e revisou uma série de trabalhos que utilizam Realidade Virtual, Aumentada e Mista na graduação médica, buscando efetividade no uso de instrumentos de medida com evidências de validade em ensaios clínicos randomizados (ECR). Os trabalhos revisados mostram que os resultados menos comuns incluíram as atitudes dos participantes, a satisfação, a carga cognitiva ou mental, a eficácia da aprendizagem, o estado emocional, etc. Kyaw et al. (2019) também apresentaram uma análise que mostra uma ligeira melhoria na eficácia da RV na aprendizagem em comparação com os métodos tradicionais. Por fim, Aliwi et al. (2023) também revisaram o papel da RV e RA imersivas na saúde, demonstrando que a maioria dos estudos com essas tecnologias melhoram a comunicação médica.

2.3. Uso de simuladores na formação de profissionais da saúde

A primeira menção oficial ao ensino baseado em simulação na educação médica surgiu no relatório Flexner, de 1910 (Flexner, 1972), sendo utilizado o uso de simulações para o ensino de obstetrícia. Há décadas, portanto, a simulação é considerada uma das principais ferramentas de ensino-aprendizagem para formação de profissionais de saúde, sendo utilizada no aprimoramento de conhecimentos, habilidades e atitudes.

O aumento da necessidade de horas de treinamento pelo avanço na área da saúde, aumento nas vagas das universidades no campo da saúde, número limitado de encontros com pacientes e a necessidade de proporcionar maior segurança ao paciente corroboraram com o avanço de novas tecnologias e formas de proporcionar um currículo padronizado através de simulações.

A segurança do paciente é uma preocupação da Organização Mundial da Saúde (OMS) que, em 2009, definiu o conceito de *Segurança do Paciente* como “a redução dos riscos de danos desnecessários associados à assistência em saúde até um mínimo aceitável”. Em 2011, a OMS publicou um documento (OMS, 2016) no qual recomenda a simulação como uma ferramenta muito útil para proporcionar maior segurança aos pacientes em substituição à abordagem tradicional “leia, veja e faça”, com a justificativa de que ambientes de simulação proporcionam um cenário seguro e controlado, onde os estudantes podem praticar habilidades técnicas e não técnicas, tomar decisões e enfrentar desafios sem expor pacientes reais a riscos.

Além do aprimoramento técnico e segurança do paciente, a utilização de simula-

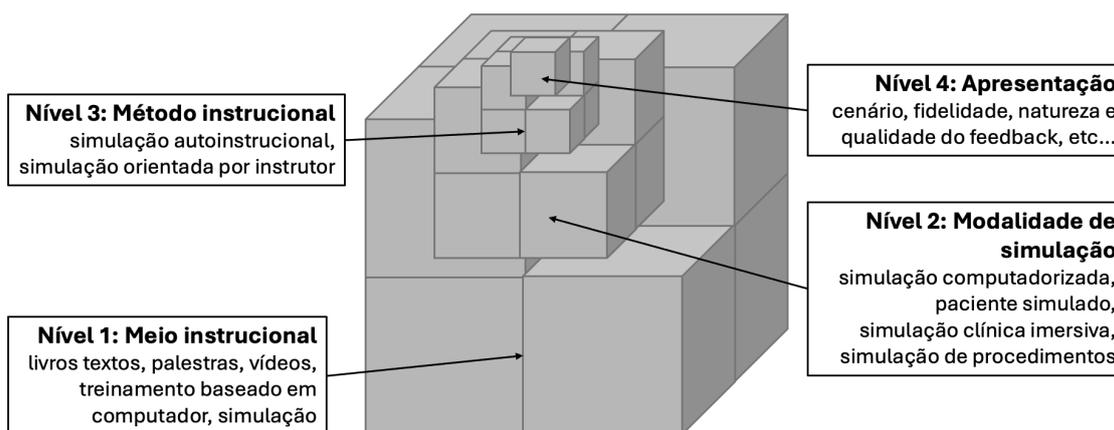


Figura 2.4. Níveis de *design* instrucional para a construção de simuladores para o ensino em saúde. Fonte: Adaptada de Chiniara et al. (2013)

ção nos cuidados da saúde também pode ter a finalidade de gestão de pacientes e trabalho em equipe, sendo essa uma utilização mais recente que vem se tornando cada vez mais significativa.

Existem diferentes modalidades de simulação na saúde e cada uma se ajusta melhor às necessidades de formação, ou seja, não há um método uniforme e sim uma variedade de metodologias que irão proporcionar experiências educacionais muito diferentes.

Na tentativa de melhor descrever e sistematizar o uso de simuladores no ensino em saúde, pesquisadores da *Canadian Network for Simulation in Healthcare Guidelines Working Group* (Chiniara et al., 2013) propuseram um *framework* baseado em quatro níveis do que eles chamaram de *design* instrucional: meio instrucional, modalidade de simulação, método instrucional e apresentação.

O objetivo foi fornecer uma base sólida sobre a qual construir as características da simulação para uma determinada intervenção educacional. Cada nível abrange um conjunto definido de características que correspondem a um nível de detalhes da atividade de simulação. Dito de outra forma, uma atividade envolvendo simulação consiste em diversas características agrupadas em níveis distintos com base no seu impacto específico, na qualidade global e na concepção da intervenção educacional. As escolhas para qualquer característica num determinado nível de detalhe geralmente dependem das escolhas feitas nos níveis anteriores. Em cada nível, as escolhas feitas dependem das necessidades reais de aprendizagem e dos objetivos da atividade. A Figura 2.4 mostra os níveis propostos.

O nível **meio instrucional** abrange os principais meios de ensino, como livros didáticos, palestras, vídeos, treinamento baseado em computador e simulação. A decisão de usar uma simulação deve considerar duas características: relevância (gravidade do evento e seu impacto) e frequência (frequência do evento ou probabilidade de descoberta de problemas). Essas duas características definem uma matriz de eventos em quatro quadrantes (ver Figura 2.5): (1) Alta relevância e baixa frequência (ARBF), por exemplo, hipertermia maligna na sala de cirurgia; (2) Alta relevância e alta frequência (ARAF), por exemplo, hemorragia pós-parto; (3) Baixa relevância e baixa frequência (ARBF), por exemplo, desimpactação manual de massa fecal e (4) Baixa relevância e alta frequência

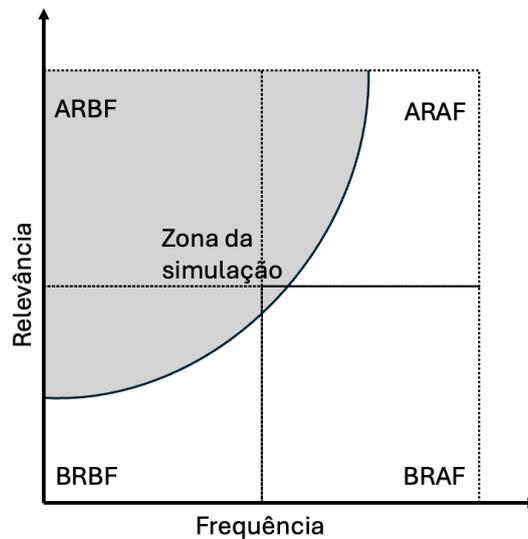


Figura 2.5. Matriz de eventos, onde a “zona de simulação” abrange todas as situações ARBF (alta relevância e baixa frequência) e, quando viável, a maioria das situações ARAF (alta relevância e alta frequência) e BRBF (baixa relevância e baixa frequência). Para situações BRAF (baixa relevância e alta frequência), a simulação pode não ser o método mais eficiente. Fonte: Adaptada de Chiniara et al. (2013)

(BRAAF), por exemplo, indução descomplicada de anestesia.

No nível **modalidade da simulação**, a classificação é realizada segundo o tipo de simulação (ver Figura 2.6). Cada modalidade possui características distintas que influenciam os resultados educacionais e são categorizadas para facilitar sua adaptação a objetivos específicos de aprendizagem.

A simulação de procedimentos equivale ao treinamento de habilidades cujo foco principal é a aquisição de habilidades psicomotoras, com necessidade de *checklists* padronizadas e repetição. Trata-se de uma simulação simples e focada num objetivo específico

Na simulação de pacientes padronizados há utilização de atores ou membros da comunidade que representam pacientes reais com o objetivo de treinar as competências clínicas, habilidades de comunicação e comportamento dos treinandos. Pacientes padronizados atuam em um cenário com anamnese, sinais clínicos ou reação emocional predefinida, como ocorre no método OSCE (*Objective Structured Clinical Examination*).

A simulação clínica por imersão difere da simulação de pacientes padronizados por contar com cenários, ou seja, o ambiente profissional é recriado com fidelidade e os participantes exercitam habilidades, atitudes, tomadas de decisão e outros elementos da competência clínica de maneira mais completa. Essas simulações podem ser realizadas com realidade virtual, manequins simuladores de pacientes ou com atores. É normalmente utilizada para treinamento em gerenciamento de pacientes, diagnóstico clínico e competências de segurança do paciente como nas avaliações clínicas da prova prática do Exame Nacional de Revalidação de diplomas médicos expedidos por instituição de Educação Superior Estrangeira, conhecido como Revalida.

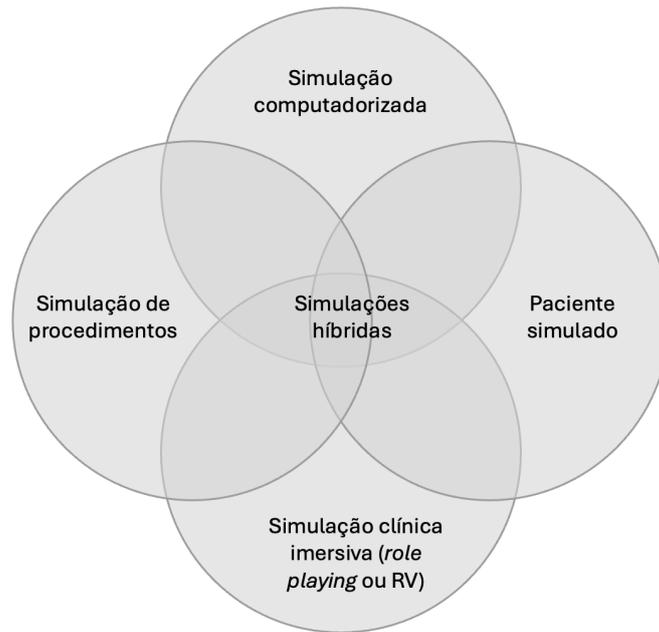


Figura 2.6. Modalidades de simulação. Fonte: Adaptada de Chiniara et al. (2013)

Na simulação computadorizada, a interface de interação com os participantes é uma tela de computador, com graus variáveis de fidelidade. Pode ser destinada ao treinamento de habilidades psicomotoras como a destreza em procedimentos videolaparoscópicos (uso de realidade virtual) ou a tomada de decisão em cenário virtual.

Em algumas situações, para uma avaliação mais completa podemos utilizar diferentes modalidades de simulação ao mesmo tempo, o que pode ser descrito como simulação híbrida (ou combinada). Tais simulações permitem, por exemplo, o treinamento em habilidades técnicas combinadas com proficiência em comunicação como são as simulações em RV utilizando HMDs. Na Tabela 2.3, temos a descrição e exemplos de algumas modalidades de simulação.

Em relação ao nível **método instrucional**, a simulação pode ser autoinstrucional ou orientada por um instrutor. Na autoinstrução os alunos controlam o tempo e o ritmo da aprendizagem, escolhendo seus objetivos. Essa é a forma adequada para simulações de procedimentos e simulação computadorizada. Já a aprendizagem orientada por instrutor é a mais comum na área da saúde e envolve graus diferentes de participação do professor/preceptor desde esclarecimento até a participação ativa nas sessões de treinamento, como o que ocorre nas práticas de *role play*, por exemplo.

Já o nível **apresentação** inclui características que definem exatamente como a atividade de simulação é pensada e projetada. Embora geralmente envolvam pequenas diferenças dentro de cada método de ensino, podem ter um impacto significativo na eficácia real da aprendizagem. Várias características são essenciais na experiência de simulação, entre as quais estão a natureza e a qualidade do feedback, a fidelidade da simulação, o tipo de simulador, o cenário e a composição da equipe, o tempo e periodicidade da simulação e a presença ou não de *debriefing* ao final da sessão.

Tipo de simulação	Descrição	Exemplo(s)
Simulação para treinamento de habilidades ou tarefas parciais	Simulador sintético que replica componentes específicos de um paciente ou sistema para treinamento de habilidades possibilitando que a mesma técnica ou procedimento seja repetido diversas vezes, desenvolvendo competências de menor nível de complexidade.	Simuladores de partes do corpo, como um braço (para técnica de punção venosa) ou um tórax SAM II ¹
Simulação clínica com uso de simulador de pacientes	Uma das formas mais utilizadas, pode ser realizada com simuladores de baixa ou média tecnologia ou com simuladores de alta tecnologia. A construção de casos clínicos contribui para essa estratégia de simulação, seja ela de baixa, média ou alta tecnologia.	Manequim de simulação de partos Noelle ² , simulador clínico Istan ³
A simulação clínica com paciente simulado (humano)	Utiliza pessoas para representar sintomas ou problemas clínicos. Obrigatório ter um caso clínico que deverá ser interpretado pelo participante simulado, seguindo um roteiro de encenação (script) e favorecendo uma maior interação durante a aplicação do cenário. As pessoas podem representar um escopo expandido de funções (por exemplo, clientes, familiares, profissionais de saúde).	Exame Clínico Objetivo Estruturado (OSCE)
O <i>role-play</i> , ou “troca de papéis”	Estudantes são convidados a assumir o papel de outras pessoas por meio de dramatização, com objetivo de compreenderem um fenômeno partindo de uma perspectiva diferente da sua. Esse recurso é utilizado na formação de diferentes profissionais da saúde para sensibilizar estudantes em relação a uma temática ou situação.	Colega que simula o papel de paciente
Simulação com material orgânico	Utilização de material orgânico para treinamento de habilidades, geralmente utilizado para treinamento de habilidades específicas.	Sutura em estômago bovino ou traqueostomia em cães
Simulação híbrida	Combinação de mais de uma modalidade de simulação em um único treinamento, como a associação de um paciente simulado com um simulador de qualquer nível de tecnologia. Essa estratégia permite o desenvolvimento de habilidades processuais e de comunicação com uma pessoa, trazendo uma sensação de realismo à atividade que pode não ser alcançada usando atores ou simuladores isoladamente.	
Realidade ou simulação virtual (mundo virtual)	Envolve a criação de cenários de simulação baseados em técnica computacional que permite ao aluno mergulhar, através de tela ou óculos de RV na recriação de um ambiente ou cenário. Geralmente interage com o meio digital por meio de uma “persona digital” ou avatar cujo participante exerce um papel central no cumprimento de tarefas específicas e no desenvolvimento de habilidades de interação, tomada de decisão e comunicação no atendimento a pacientes virtuais criados, a partir de uma variedade de configurações clínicas.	Metahealth: Plataforma de simulação de casos clínicos com uso de óculos de RV ⁴ , Muiiraquitã: Jogo com simulação de visita domiciliar ⁵ , Gamificação ALICE (Chon et al., 2018), VOSCE (Virtual OSCE)

¹ <https://laerdal.com/>

² <https://gaumard.mogiglass.com.br/obstetricos/noelle-s551-250-simulador-de-paciente-para-parto-com-omni-2/>

³ <http://www.bertas.com.tr/patient-simulation-istan.48.en.html>

⁴ <https://www.inf.ufrgs.br/metahealth/>

⁵ <https://unasus.ufcspa.edu.br/cidadesvirtuais/NovaMqta/story.html5.html>

Tabela 2.1. Descrição e exemplos de modalidades de simulação.

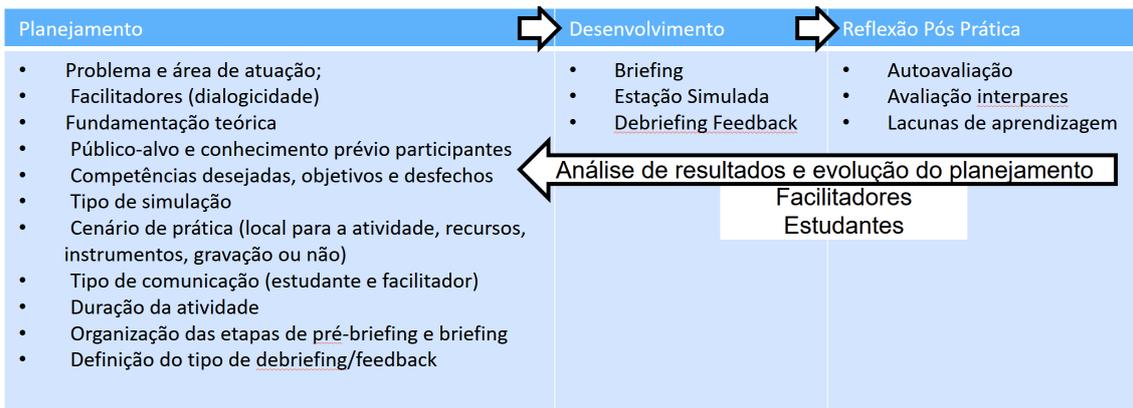


Figura 2.7. Simulação clínica como método de ensino. Adaptada de Júnior and Guedes (2022)

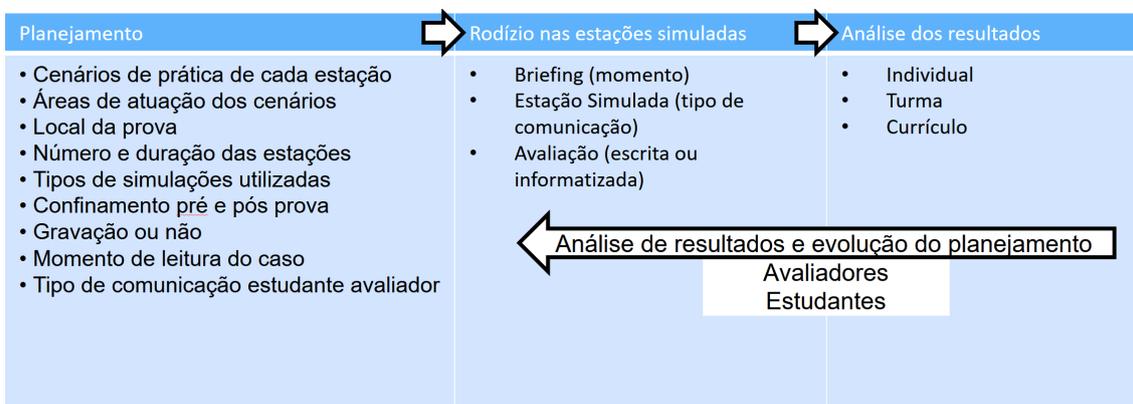


Figura 2.8. Simulação clínica como método de avaliação. Adaptada de Júnior and Guedes (2022)

Como já mencionado, a simulação clínica é uma potencial estratégia tanto de ensino como de avaliação pois permite conquistar e validar competências clínicas, além de otimizar métodos de avaliação na formação profissional. Esta abordagem também desenvolve atributos interpessoais, capacidade de raciocínio clínico, tomada de decisão, habilidades técnicas, entre outros aspectos (Montiel et al., 2012). Porém, existem diferenças no processo de elaboração e desenvolvimento das estações simuladas que precisam ser conhecidas, conforme mostram as Figuras 2.7 e 2.8.

Vale a pena lembrar que no *briefing* há definição de quais informações serão oferecidas aos participantes para a atividade como sinais, sintomas, história médica pregressa, queixa clínica, alterações no exame físico, além de particularidades do paciente como personalidade (calmo, agressivo, prolixo), nível de escolaridade, personalidade, etc. Parâmetros e características que podem facilitar ou dificultar a anamnese, diagnóstico e tratamento de acordo com o planejamento do caso também devem ser definidos no *briefing*. Em resumo, no *briefing* devem ser repassadas todas as orientações específicas quanto ao cenário simulado que será desenvolvido, com a apresentação do problema e dos passos relativos à tarefa a ser realizada, regras e limites.

Já o *debriefing* é uma fase planejada e voltada para a promoção do pensamento

reflexivo e aperfeiçoamento do desempenho do participante. É um momento após aplicação da simulação, no qual se faz uma retomada da competência que foi adquirida, ou não, de forma construtiva e não crítica. Após o desenvolvimento da atividade ainda podemos fazer a realização de autoavaliação, avaliação interpares e identificação de lacunas para o aprimoramento da utilização da simulação num momento futuro.

O uso de simulação no ensino em saúde não é algo novo e tem evoluído ao longo do tempo com a incorporação de novas tecnologias, sendo inclusive recomendado pela OMS. Atualmente, a simulação é amplamente utilizada no ensino na área da saúde, tanto para o treinamento de *hard skills* quanto de *soft skills*. As seções que seguem abordarão o uso de simuladores nestas duas categorias, bem como indicarão o seu uso comercial.

2.4. Simuladores para ensino e treinamento de *hard skills*

Simuladores para ensino e treinamento de *hard skills* na área da saúde concentram-se nas habilidades técnicas necessárias para executar procedimentos. Pela ótica da cartografia do trabalho vivo de Merhy (2005), esta seção concentra-se nas tecnologias duras para os cuidados em saúde. As tecnologias leves e leve-duras, são abordadas na Seção 2.5.

Neste contexto, as técnicas cirúrgicas são as mais exploradas (Lungu et al., 2021). Simulações convincentes do teatro de operações visam melhorar as habilidades psicomotoras, como coordenação entre a visão e as habilidades manuais, orientação espacial e manipulações, e têm como alvo principalmente cirurgias minimamente invasivas, como laparoscopia (Grantcharov et al., 2004, Huber et al., 2018b) e colonoscopia (Wen et al., 2018). Nesses cenários, elementos como o realismo da sala de operações e dos comportamentos do corpo humano simulado são usados como fundamentos para aguçar a percepção visual do treinando, automatizar sua destreza motora e refinar o seu processo decisório.

Simuladores virtuais para treinamento de procedimentos cirúrgicos surgiram naturalmente num ambiente onde outros tipos de procedimentos complexos já vinham sendo treinados com simuladores (Satava and Jones, 1997). O exemplo mais emblemático é o dos simuladores de voo, nascidos ainda nos anos 1970, e seguido de simuladores para treinar a operação de diversos tipos de veículos e máquinas. A tecnologia de computação gráfica necessária para reproduzir virtualmente um espaço aéreo, uma estrada e juntas de rotação é muito mais simples, no entanto, do que a que é necessária para reproduzir virtualmente um organismo vivo. Além disso, a possibilidade de implementar um *cockpit* e controles físicos para os simuladores de veículos se torna inexistente quando o objeto é composto de tecidos moles e varia significativamente consoante as individualidades e patologias.

Fica evidente, portanto, que da gama de ambientes de cuidados médicos, o ambiente cirúrgico é mais controlável e delimitável para uma implementação simulada do que consultas ou exames físicos. É notável, ainda, que operações fortemente centradas em um mediador físico, como é o caso das laparoscopias, são menos complexas de simular (Basdogan et al., 2007). O uso de longos instrumentos rígidos coloca um distanciamento confortável para que algoritmos transformem razoavelmente bem as ações realizadas sobre um comando físico em ações sobre um único órgão simulado. Da mesma forma, procedimentos baseados em câmera, como as endoscopias, onde os tecidos não são vi-

sualizados diretamente pelo olho do cirurgião, mas sim através de um monitor de vídeo, tornam o problema do *rendering* gráfico dos tecidos mais tratável (ver Figura 2.9). Em oposição, se houvesse interações diretas das mãos do cirurgião com o tecido vivo, o desafio para computar interações precisas seria imenso.



Figura 2.9. Exemplos de simuladores para cirurgias minimamente invasivas.

Pela soma desses fatores, simuladores cirúrgicos cada vez mais efetivos foram surgindo ao longo das últimas 3 décadas, acompanhando o desenvolvimento da tecnologia de computação gráfica e de realidade virtual (Hong et al., 2021, Liu et al., 2003). Os diversos componentes necessários na construção de um simulador cirúrgico, como modelos dos tecidos moles (Cotin et al., 1999) – que precisam ter as características dos tecidos reais (Zhang et al., 2018) – foram os primeiros a receberem soluções aceitáveis. Em seguida, são necessários também, algoritmos para detectar e resolver os contatos entre os tecidos e os instrumentos (Maciel and De, 2008, Raghupathi et al., 2004), e *displays*, tanto para o retorno visual (Maciel et al., 2008) quanto para o retorno tátil (Burdea, 1996). Por fim, ainda era necessário desenvolver programas de atividades (Kim-Fine and Brennan, 2016, Tay et al., 2014) que conduzissem o *trainee* no percurso gradual por todas as componentes de habilidades a serem adquiridas combinado com um mecanismo para avaliar a aquisição de competências (Ribeiro et al., 2018).

Simuladores cirúrgicos comerciais foram desenvolvidos e adotados por todo o

mundo (mais detalhes na Seção 2.6). Apenas mais recentemente, entretanto, surgiram iniciativas relevantes que aproveitam a tecnologia imersiva para treinar procedimentos médicos Mao et al. (2021). Esta transição para o imersivo só se tornou possível com o salto qualitativo dos *displays* de realidade virtual que se iniciou há cerca de 10 anos com os Oculus Rift. Era preciso um *display* montado na cabeça (HMD) com baixa latência, amplo campo de visão, não muito desconfortável de usar, e rastreamento em tempo real dos movimentos da cabeça e das mãos. Hoje, isso está disponível e o desenvolvimento mudou o foco para ambientes e interações adequadas ao treino de outras atividades de cuidados à saúde diferentes da cirurgia.

Um simulador imersivo precisa de todos os elementos tecnológicos dos simuladores cirúrgicos e mais alguns, como técnicas de navegação nos espaços virtuais, comunicação e colaboração com outros atores como assistentes, enfermeiros, colegas, pacientes, uso extensivo de gestos e linguagem não-verbal, entre outros. Um ponto que representa ainda uma limitação tecnológica é o retorno tátil (Rangarajan et al., 2020). Enquanto o uso de retorno tátil tem mostrado um efeito positivo na fidelidade do treino em RV, especialmente em simulação de cirurgia, os sistemas atuais são extremamente custosos e se encontram em estágio inicial de maturidade. Ainda requerem muita pesquisa antes de se poder confirmar como um elemento imprescindível. Isso não impede que outras áreas se desenvolvam, no entanto.

O fator mais significativo que difere o treinamento com simuladores não-imersivos dos imersivos é a elicitación da sensação de presença. Um usuário imerso tende a desconectar-se mentalmente do mundo real e é capaz de focar muito mais numa tarefa virtual por sentir que de fato se encontra naquele local realizando aquela tarefa ao invés de sentir como se assistisse a um filme numa tela. É como se estivesse realizando a ação real e o aprendizado, memorização, retenção da habilidade esperados é comparável ao de realizar a prática real da atividade (Ekstrand et al., 2018, Siu et al., 2016)

Um aspecto interessante que pode ser alcançado com simulações de RV é relatado por Ganni et al. (2020). Os autores afirmam que, diferentemente dos simuladores de cirurgia convencionais baseados em uma única estação dedicada e sem distrações, os simuladores de RV permitem replicar o ambiente movimentado e muitas vezes caótico da sala de cirurgia. Um trabalho anterior (Sankaranarayanan et al., 2016) já havia avaliado o efeito de interrupções e distrações no desempenho do usuário em (1) um cenário simulado simples apresentado na tela de um computador, (2) um usuário interagindo com o cenário simulado exibido em um HMD, sem distrações e interrupções, e um usuário interagindo com o cenário simulado, com distrações e interrupções.

O realismo visual do cenário da sala cirúrgica também pode influenciar no desempenho e na experiência do usuário em procedimentos laparoscópicos virtuais. Huber et al. (2018a) apresentam um estudo piloto comparando o desempenho e as preferências dos usuários em um cenário imersivo baseado em RV com duas condições: uma sala cirúrgica virtual e uma sala cirúrgica baseada em vídeo 360°. Num outro estudo, o procedimento técnico de inserção de um catéter Port-o-cath para quimioterapia foi avaliado com 30 estudantes de um programa de enfermagem (Jung and Park, 2022). Um efeito muito significativo no conhecimento pós intervenção ($p = 0.001$) foi detectado, entre outros efeitos, na atenção, satisfação e motivação em comparação com um grupo controle.

Cabe notar que apesar dos bons resultados, o simulador utilizado não permitia interações complexas, apenas visualização imersiva (ver Figura 2.10).

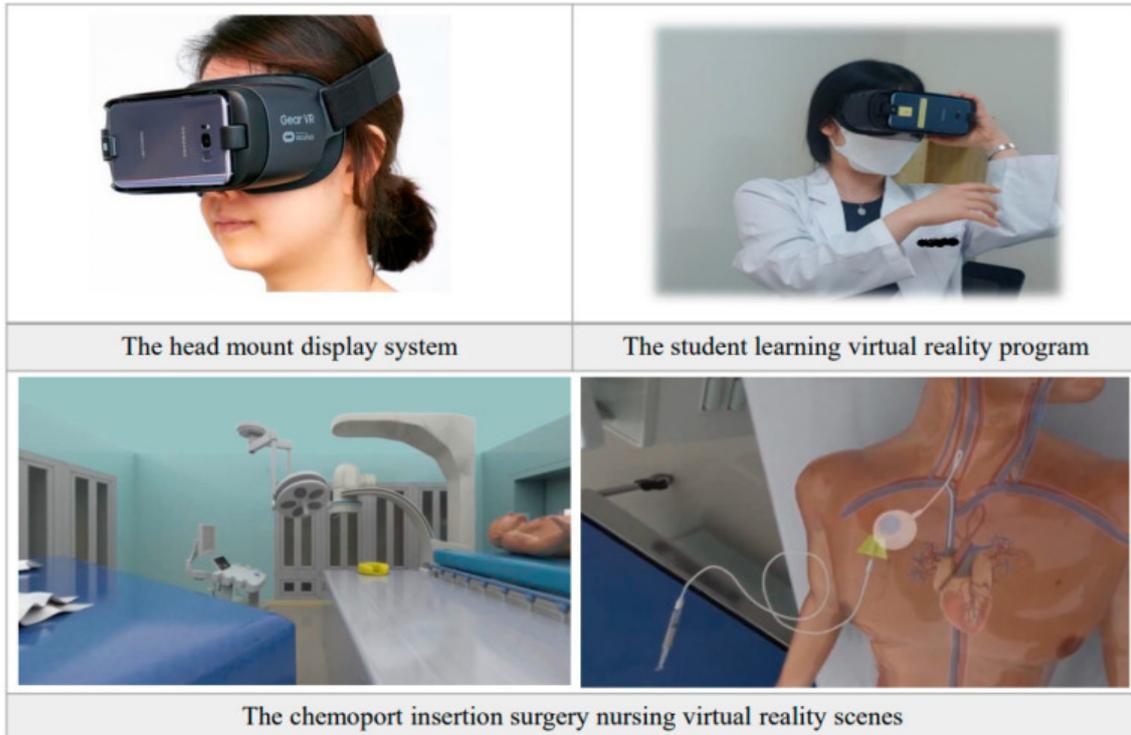


Figura 2.10. Simulador imersivo de inserção de catéter Port-o-cath. Fonte: Jung and Park (2022).

Dispositivos hápticos também podem ser usados em cenários imersivos. Alaraj et al. (2015) apresentaram um protótipo de simulação de procedimentos em aneurisma usando a plataforma Immersive Touch, que contém módulos de treinamento em RV com feedback háptico de força contínuo, incluindo ventriculoplastia, perfuração óssea, procedimentos na coluna vertebral, e punção lombar. Nesse trabalho, o ITACS (Immersive Touch Aneurysm Clipping Simulation) foi acrescido de novos módulos para simular a deformação do volume do aneurisma e vasos sanguíneos e a clipagem do aneurisma (ver Figura 2.11). Outro exemplo utilizando a plataforma Immersive Touch é relatado por Lemole Jr et al. (2007), descrevendo seu uso em simulação da tarefa de colocação de cateter em ventriculostomia como prova de conceito.

Também encontramos diversos dispositivos hápticos com propósitos específicos. Sutherland et al. (2013) apresentam um protótipo de simulação para treinamento de inserção de agulha espinhal utilizando realidade aumentada (ver Figura 2.12). Com o uso do rastreamento óptico MicronTracker2, o sistema permite que os usuários realizem inserções simuladas de agulha com o dispositivo háptico PHANToM em um manequim físico.

Libertados da estação de trabalho, os simuladores imersivos alargaram seu escopo para outros cenários de cuidados à saúde, como cenários de clínica médica, emergência, etc. Casos para os quais normalmente se usam manequins, podem ser implementados nesses ambientes virtuais imersivos, ampliando o acesso a mais estudantes e reduzindo



Figura 2.11. Immersive Touch Aneurysm Clipping Simulation. Fonte: Alaraj et al. (2015).

os custos e a complexidade das sessões. Uma revisão sistemática aponta que em breve o foco deve se dirigir também para estudos a longo prazo capazes de examinar habilidades não-técnicas e multidisciplinaridade das equipes (Pfandler et al., 2017).

É possível também simular uma conversa com um paciente virtual que expõe suas dores usando linguagem natural tanto oral como corporal, gestos, etc. É possível realizar exames físicos no paciente virtual que executará reações programadas de acordo com o caso para prática de diagnóstico e prescrição de tratamento. Com o avanço nessa área, o treino de habilidades duras passa a interagir sinergicamente com o treino de habilidades comportamentais mais ligadas às tecnologias leves.

A RV atinge, portanto, um grau elevado de importância ao conceder horas de voo a novos médicos sem expor pacientes reais a profissionais inexperientes. Aumenta as possibilidades de praticar também para profissionais experientes ao simular casos raros que estes não teriam chance de presenciar frequentemente. Por fim, melhora a qualidade do serviço prestado à população ao auxiliar na formação de mais e melhores profissionais. Há um consenso entre os autores (Bjerrum et al., 2018, Stefanidis et al., 2015) de que o treinamento em simuladores virtuais deve ser parte do currículo, incluindo habilidades técnicas, não técnicas e teóricas, e deve ser fundamentado nas avaliações das necessidades mais relevantes. Esta atividade deve seguir os princípios baseados em evidências para medir os efeitos e otimizar os treinamentos.

Há ainda um grande potencial a ser realizado para o treinamento virtual imersivo à medida que os simuladores evoluem, que mais programas baseados em evidências sejam implementados e que a relação custo-benefício e o impacto na segurança dos pacientes

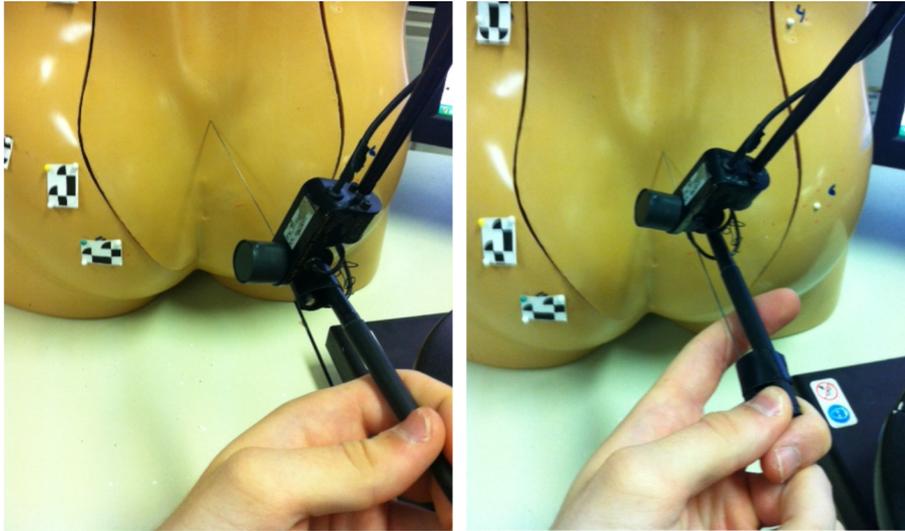


Figura 2.12. Aparato háptico para treinamento de inserção de agulha especial.
Fonte: Sutherland et al. (2013).

sejam claramente demonstrados (Rizzetto et al., 2020).

2.5. Simuladores para ensino e treinamento de *soft skills*

Diversos procedimentos médicos não cirúrgicos têm se beneficiado das vantagens proporcionadas pelos simuladores em RV (Bianchi et al., 2020, Gerup et al., 2020, Reznik et al., 2002). Esses procedimentos não cirúrgicos são geralmente traduzidos como encontros paciente-profissional de saúde, onde a empatia e as habilidades de comunicação desempenham um papel importante para proporcionar uma boa experiência ao paciente (Caldwell, 2019). Tais habilidades envolvem o uso das tecnologias conhecidas como “leves” ou “leve-duras”.

Estima-se que os profissionais de saúde empreguem de 85% a 90% do seu tempo de trabalho se comunicando. Em especial, a qualidade da comunicação entre profissionais de saúde e pacientes tem um impacto direto na adesão ao tratamento, no prognóstico, na satisfação e na redução de denúncias e processos contra profissionais de saúde (Stewart et al., 2017).

Diante da importância da comunicação na saúde, o treinamento de habilidades de comunicação, conhecidas como *soft skills*, é fundamental para melhorar a qualidade da atenção e do cuidado das pessoas. Essas habilidades incluem a capacidade de ouvir ativamente, mostrar empatia, comunicar-se de forma clara e concisa, e resolver conflitos de forma eficaz.

Nos últimos anos, os simuladores em realidade virtual (RV) têm surgido como uma ferramenta útil para o treinamento e aprimoramento de habilidades de comunicação (Chaby et al., 2022). Esse tipo de treinamento já vem sendo amplamente utilizado na medicina, enfermagem e odontologia, e tem se mostrado eficaz para melhorar a qualidade do atendimento prestado aos pacientes e fortalecer a relação entre profissionais e paciente (Jimenez, 2022, Kleinheksel, 2014, Patel et al., 2023). A Figura 2.13 exemplifica duas situações com personagens virtuais em ambiente médico.

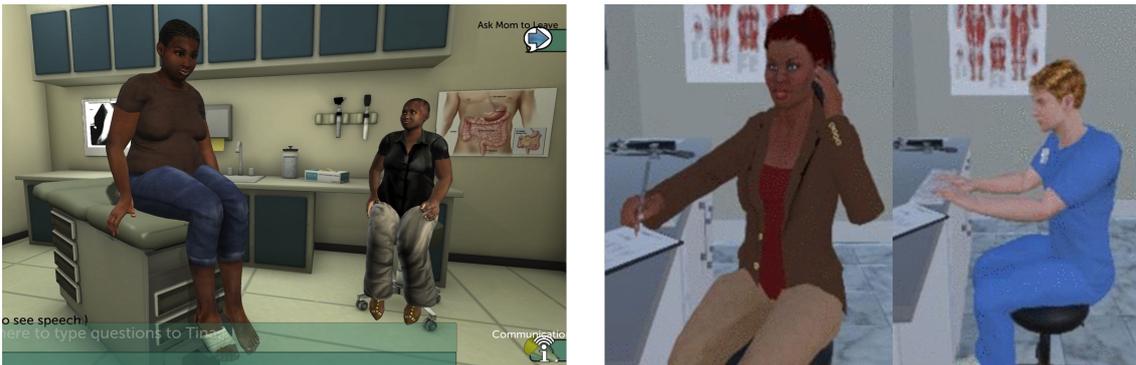


Figura 2.13. Personagens virtuais utilizados nas simulações de Kleinheksel (2014), à esquerda e de Patel et al. (2023), à direita.

A falha na comunicação e a ausência de empatia podem ter origem em vieses e preconceitos. Simuladores de RV podem ser usados para expor os alunos a situações que podem desencadear esses sentimentos. Altmiller et al. (2022) relatam um estudo com estudantes de enfermagem onde eles tiveram que tratar um paciente virtual com vírus da imunodeficiência humana (HIV). No estudo, ao interagir com o paciente virtual, os alunos tiveram a oportunidade de compreender as necessidades médicas desses pacientes e reconhecer o impacto dos cuidados de enfermagem em suas vidas.

Segundo a OMS, uma grande proporção dos eventos adversos que ocorrem nos serviços de saúde em todo o mundo são devido a falhas de comunicação (WHO) e isso não envolve apenas a comunicação profissional de saúde e paciente. Habilidades de comunicação eficiente são necessárias também entre os membros da equipe na rotina clínica diária.

A educação médica/enfermagem convencional tem contado com uma ferramenta conhecida como SBAR (*Situation, Background, Assessment, and Recommendation*, ou seja, situação, antecedentes, avaliação, recomendação) e seus derivados, que são amplamente utilizados em diferentes unidades de saúde como comunicação interprofissional e transferência de pacientes. A Tabela 2.2 apresenta uma breve descrição e um exemplo da ferramenta. Embora não haja fortes evidências de que tal protocolo de comunicação melhore a segurança do paciente (Müller et al., 2018), simuladores de RV recentes proporcionaram aos alunos oportunidades de desenvolver suas habilidades de comunicação usando o SBAR (Streuber et al., 2020, Stuart et al., 2021).

Para que as simulações sejam eficazes no treinamento de profissionais da saúde, os pacientes virtuais devem simular de forma realista as interações com pacientes reais. Isso inclui a comunicação verbal e não verbal, como expressões faciais, tom de voz e respostas verbais coerentes. Além disso, os pacientes virtuais devem reagir de forma adequada às ações do profissional, fornecendo *feedback* positivo ou negativo e adaptando-se às intervenções. Para tornar a simulação ainda mais realista, é importante que cada paciente virtual tenha um histórico médico detalhado, que haja diversidade de personalidades e que os casos simulados abranjam uma variedade de situações clínicas (Consorti et al., 2012, Cook and Triola, 2009).

Além de pacientes virtuais com comunicação realística, outro ponto importante

	Questões	Descrição	Exemplo
Situação	O que está acontecendo com o paciente? Qual a situação que está sendo comunicada?	Primeiro, o locutor apresenta a situação, identificando-se, informando o nome do paciente e descrevendo brevemente o problema.	Dr. Preston, estou ligando para falar do Sr. Lakewood, que está com dificuldade para respirar.
Antecedentes	Qual o histórico ou o contexto do paciente?	O locutor então fornece os antecedentes, como o diagnóstico do paciente ou o motivo da internação, o estado médico e o histórico relevante. O prontuário do paciente é revisado e as dúvidas que o outro prestador de cuidados possa ter são antecipadas.	Ele é um homem de 54 anos com doença pulmonar crônica que está piorando e agora está gravemente pior.
Avaliação	Qual o problema?	Em seguida, são fornecidas informações específicas sobre sinais vitais, exames de laboratórios recentes e outros dados quantitativos ou qualitativos relacionados ao estado atual do paciente. Esta sessão pode incluir um diagnóstico provisório ou uma impressão clínica.	Não ouço nenhum som respiratório no seu peito direito. Eu acho que ele tem um pneumotórax.
Recomendação	Qual é o próximo passo no gerenciamento do paciente?	Uma sugestão informada para o cuidado continuado do paciente deve ser feita pelo locutor. A necessidade imediata é explicada de forma clara e específica, incluindo o que é necessário para resolver o problema.	Preciso que você o veja agora. Acho que ele precisa de um dreno torácico.

Tabela 2.2. Descrição da ferramenta de comunicação SBAR. Traduzida livremente de Müller et al. (2018).

que deve ser levado em consideração no desenvolvimento de simuladores de *soft skills* para treinamento médico é o ambiente. Situações de alto nível de estresse, com tempo restrito, onde a tomada de decisão tem que ser feita rápida e assertivamente fazem parte do cotidiano de cuidado em saúde. A importância de preparar os estudantes para lidar com tais cenários é destacada por Prashar et al. (2022), que enfatiza que a prática sob condições simuladas pode ajudar a desenvolver as habilidades necessárias para enfrentar esses desafios na vida real.

Para garantir que o treinamento seja o mais similar possível à realidade, é fundamental que o simulador recrie fielmente o ambiente de clínica ou hospitalar. Isso inclui não apenas a aparência física do ambiente, mas também os sons, a interferência na comunicação por causa de ruídos típicos e até mesmo as emoções que estão presentes nesses ambientes. Segundo Hafferty (1998), a inclusão do “currículo oculto” – habilidades de comunicação, resiliência, empatia e compaixão – no treinamento simulado é crucial para formar médicos capazes de tomar decisões centradas no paciente em situações de alta pressão.

Os simuladores dedicados ao treinamento de *soft skills* também devem ser capazes de simular as diferentes situações de estresse que os médicos podem enfrentar no dia a

dia. Isso pode incluir situações como pacientes agressivos ou familiares desesperados. O simulador deve permitir que o médico pratique como lidar com essas situações de forma profissional e sensível. O estudo de Prashar et al. (2022) reforça a necessidade de praticar essas habilidades em um ambiente simulado, pois a exposição reduzida a situações clínicas reais pode impactar negativamente no desenvolvimento das habilidades clínicas e práticas dos estudantes.

Kleven et al. (2014), em seu artigo, abordam a importância das habilidades interpessoais na educação e na prática da saúde. O artigo concentra-se no desenvolvimento de habilidades de comunicação, colaboração, empatia e interação com pacientes entre profissionais de saúde e participantes não médicos. Por meio de cenários de *role-playing* e simulações interativas em uma sala de cirurgia virtual, os participantes têm a oportunidade de praticar e aprimorar suas habilidades interpessoais em um ambiente imersivo. O estudo visa melhorar as habilidades dos participantes para se comunicarem efetivamente com os pacientes e trabalhar de forma colaborativa dentro de uma equipe de saúde. A Figura~2.14 ilustra uma das cenas usadas neste simulador.



Figura 2.14. Ambiente e personagens virtuais utilizados nas simulações de Kleven et al. (2014).

Em suas investigações, Lohre et al. (2020) exploraram a eficácia do treinamento em realidade virtual imersiva na melhoria da aquisição de habilidades não técnicas. Os resultados indicaram que o grupo que utilizou a realidade virtual imersiva completou as tarefas consideravelmente mais rápido em comparação com o grupo de controle. Impressionantemente, houve uma diminuição de 570% no tempo de aprendizagem. O treinamento em realidade virtual imersiva demonstrou uma melhoria substancial na aquisição de habilidades não técnicas, sugerindo o seu potencial como uma ferramenta educativa eficaz.

Embora ambos tipos de simuladores, tanto os para treinamento de *hard skills*, quanto para treinamento de *soft skills* sejam importantes para a formação médica, um ambiente real não simulado inclui habilidades dos dois tipos. O MetaHealth, projeto em desenvolvimento pelos autores desse capítulo, aborda a experiência completa de trei-



Figura 2.15. Paciente durante a anamnese (esquerda) e visualização da pia e dos instrumentos médicos disponíveis (direita).

namento em saúde, incluindo os principais pontos técnicos da realização de exames e pensamento clínico, como a realização da anamnese e condução da consulta (*soft skills*).

Existem diversos aspectos científicos por trás do uso de simuladores para aquisição, manutenção e avaliação de habilidades. Porém, cada novo simulador tem particularidades que podem necessitar ser avaliadas experimentalmente. O MetaHealth é pautado por verificar cientificamente os efeitos do seu uso antes de disponibilizar um simulador.

Um desses casos ocorreu no desenvolvimento de uma estação OSCE envolvendo uma clínica pediátrica simulada. Nesse caso foram apresentadas tarefas normalmente exigidas durante uma consulta médica, o que ajuda os alunos a treinar habilidades básicas antes do contato com pacientes reais. Tais tarefas incluem procedimentos de biossegurança e anamnese por meio da coleta de detalhes sobre a doença, sinais, sintomas e histórico médico do paciente. O usuário também devia ser capaz de realizar exames físicos, interpretar os achados e compilar todas as informações para determinar o diagnóstico correto e o tratamento adequado (ver Figura 2.15).



Figura 2.16. Ajuste de percepção visual e dessensibilização ao toque manual realizados no hall de entrada.

Apesar de ser um projeto ainda em desenvolvimento, até o momento foram realizadas várias sessões com usuários para medir a eficácia e a experiência de uso do

simulador (Negrão et al., 2024). No princípio, o usuário deve investigar corretamente o histórico médico do paciente, os sintomas que ele apresenta e a queixa principal através das questões da anamnese, aspectos que estão englobados nas *soft skills*. Em seguida, com base na anamnese, deverá realizar os exames necessários para confirmar os achados. As duas últimas metas são o diagnóstico correto da doença da criança e o tratamento recomendado. As informações do caso e do paciente apresentadas em nosso cenário de estudo foram desenvolvidas e revisadas por um pediatra.

Um dos aspectos mais importantes abordado no projeto MetaHealth é a adaptação do usuário ao simulador e aos ambientes virtuais. Antes de ser capaz de aplicar seus conhecimentos em saúde e tomar decisões com precisão, o usuário deve se sentir adaptado ao ambiente virtual e confiante ao utilizar os controles do aplicativo para navegar dentro da clínica virtual. A interface deve ser transparente, não uma barreira.



Figura 2.17. Ambiente virtual inicial do MetaHealth, onde ocorre a dessensibilização.

Portanto, o curso de ação esperado no simulador envolve primeiro uma dessensibilização no ambiente de realidade virtual, para a seguir partir para um treinamento ou uma avaliação de habilidades clínicas. A fase de dessensibilização é proposta para auxiliar o usuário no ajuste do óculos de VR, treinar os primeiros passos com os controladores e as interações virtuais, como tocar, agarrar, segurar e suas combinações (ver Figura 2.16 e 2.17). O usuário também realiza outras tarefas de adaptação, como testar as técnicas de navegação, por exemplo. Por fim, um usuário já dessensibilizado não precisa voltar a dessensibilizar antes da próxima sessão.

Embora a combinação do treinamento e aprendizado de *soft skills* e *hard skills* seja completamente benéfica ao aluno, elencar e padronizar os principais dados para avaliação ainda é um desafio, como tangibilizar as habilidades não-técnicas de forma semelhante as habilidades técnicas para criar um retorno de aprendizagem e avaliação justo e padronizado.

2.6. Aplicações comerciais de simulação imersiva em saúde

No mercado de simulação, também encontramos empresas que disponibilizam simuladores para o ensino e treinamento de profissionais de saúde, como a Laerdal⁴, uma fornecedora global de sistemas de simulação física e virtual para médicos e enfermeiros. A empresa é líder global de mercado, contando com uma ampla variedade de simuladores físicos e estações de treinamento práticos. Dentre os produtos oferecidos estão manequins de alta fidelidade para procedimentos como: reanimação cardiopulmonar, intubação, situações de emergência, etc. A Figura 2.18 apresenta o SimMan, um dos manequins disponíveis no leque da Laerdal. Seu objetivo é simular uma ampla gama de cenários realísticos em trauma e emergência, incluindo tomada de decisão em situações críticas e em simulações práticas, como desfibrilação.



Figura 2.18. Manequim de Simulação SimMan® 3G Plus⁶

Além dos simuladores físicos, a empresa também investe em soluções imersivas para treinamento, oferecendo cenários para prática de cuidados na enfermagem com o produto vSim, que teve sua interface inicialmente desenvolvida em 3D tradicional e, posteriormente, a adaptação de alguns componentes para 3D imersivo. Recentemente, no ano de 2023, a Laerdal passou a oferecer outra variedade de simuladores imersivos, através de uma parceria com a SimX⁷, uma empresa voltada completamente para treinamentos imersivos para saúde.

A SimX⁸ oferece uma das maiores plataformas de simulação em realidade virtual presentes no mercado, abrangendo em seu currículo não só simulações em cenários de emergência, mas também no cuidado do dia-a-dia do paciente. Embora o foco seja, inicialmente, em treinamentos de enfermagem, as soluções apresentadas não se limitam apenas a essa área, incluindo opções que exploram as habilidades de comunicação, tomada

⁴<https://laerdal.com/us/>

⁶<https://laerdal.com/br/products/simulation-training/emergency-care-trauma/simman-3g/>

⁷<https://laerdal.com/br/products/courses-learning/virtual-simulation/simx/>

⁸<https://www.simxvr.com/>

de decisão e pensamento clínico do usuário. Um dos principais diferenciais ofertados pela empresa é a personalização dos pacientes virtuais, como apresentado na Figura 2.19. A plataforma proporciona diferentes perfis e condições de saúde, bem como a personalização do diálogo, sinais vitais e ferramentas do ambiente médico virtual.



Figura 2.19. Personalização do paciente virtual na plataforma da SimX¹⁰

Através de parcerias firmadas com entidades acadêmicas, como as Universidades de Delaware e do Estado do Arizona, editoras acadêmicas, como a Elsevier e centros de simulação médicas na América do Norte, a SimX torna viável a comercialização de diferentes pacotes de simulações médicas. Na plataforma de *marketplace* (ver Figura 2.20), gerada através dessas parcerias, é possível encontrar simulações desenvolvidas pelas equipes parceiras e filtrar pelos cenários virtuais (e.g. Ambulância, Casa, Hospital), perfil do paciente (e.g. Neonatal, Adulto, Mulher), especialidade médica (e.g. Cardiologia, Neurologia, Psiquiatria), e público alvo (e.g. Residente, Estudante, Enfermeiro). Como uma solução completa que se apresenta, o SimX presa pelo conteúdo apresentado e pela personalização dos casos, além do feedback apresentado. O último, por sua vez, auxilia na identificação dos erros cometidos nos treinamentos, melhorando o aprendizado dos usuários.

No âmbito de simulações imersivas focadas em especialidades e procedimentos complexos, encontramos soluções como as da PrecisionOS¹³, que tem seu foco em procedimentos ortopédicos. Através de um design modular, a empresa tem foco no treinamento e na precisão de habilidades técnicas para cirurgiões ortopédicos. A plataforma permite a prática em um ambiente virtual seguro de sala de cirurgia, com feedback em tempo real. Na mesma especialidade, podemos encontrar as soluções da OssoVR¹⁴, que oferece

¹⁰<https://www.simxvr.com/customizable-medical-simulation-solutions/>

¹²<https://www.simxvr.com/marketplace/>

¹³<https://www.precisionostech.com/>

¹⁴<https://www.ossovr.com/>

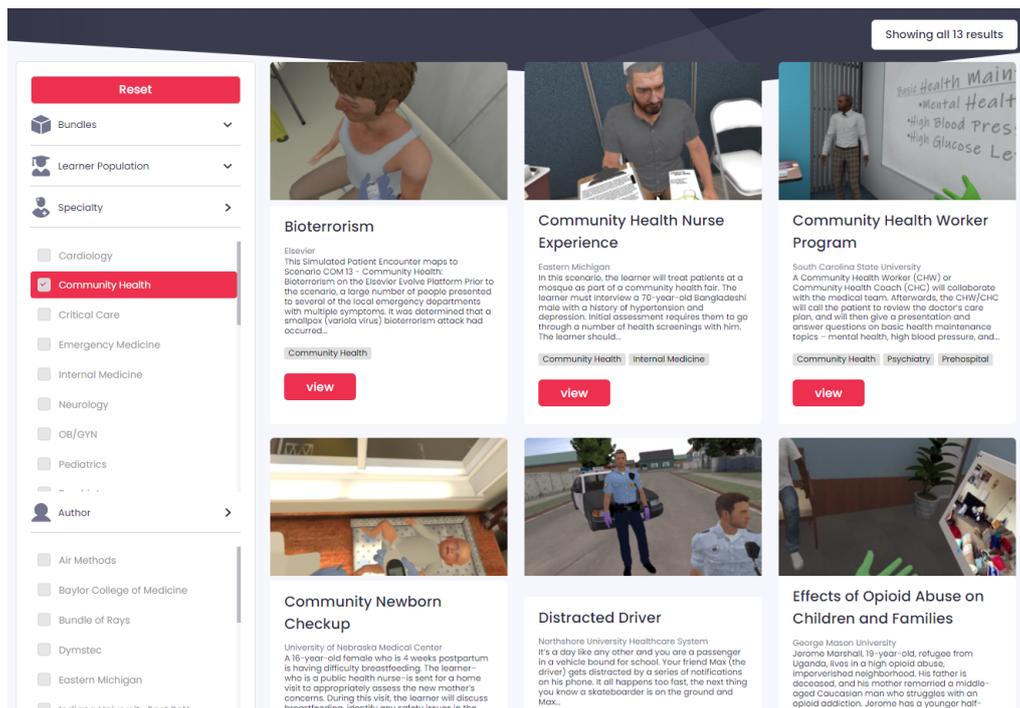


Figura 2.20. Simulações oferecidas no Marketplace da SimX¹²

simulações voltadas para o treinamento ortopédico, incluindo procedimentos diferentes e módulos de treinamento, como trauma, pediatria, coluna vertebral, etc. Na Figura 2.21, é demonstrado um dos diferenciais apresentados pela empresa, a possibilidade de simulação de procedimentos em equipe nos ambientes imersivos em realidade virtual.

Outras iniciativas estão presentes no mercado, sendo importante ressaltar algumas bem consolidadas como a Oxford Medical Simulation¹⁵, da própria Universidade de Oxford, que foca em simulações em escala para instituições acadêmicas e sistemas de saúde, oferecendo treinamentos clínicos e procedimentos médicos como um todo. Também a HealthScholars¹⁶ é uma referência e oferece treinamentos modularizados em cursos que englobam cenários de cirurgia e emergência, além de simulações de treinamento na maternidade.

A empresa MetaMedicsVR¹⁷ oferece, assim como outras mencionadas anteriormente, treinamentos para enfermagem, cenários de emergência e casos clínicos simulados. Porém, o que se destaca é uma das funcionalidades que integra os manequins físicos de manobra de reanimação cardiopulmonar do mundo real com o ambiente virtual para treinamento. O usuário do simulador aprende não só a realizar o procedimento visualmente no ambiente virtual, como tem também o retorno tátil da sua ação.

A funcionalidade não é exclusiva do produto dessa empresa e também está presente em um dos simuladores comercializados pela Surgiscience¹⁸, fornecedora global

¹⁵<https://oxfordmedicalsimulation.com/>

¹⁶<https://www.healthscholars.com/>

¹⁷<https://metamedicsvr.com/>

¹⁸<https://surgiscience.com/simulators/all-products-gallery/>



Figura 2.21. Simulador RV de procedimento em equipe da Osso VR¹⁴

de simuladores com retorno tátil para treinamento de procedimentos minimamente invasivos. O TraumaVR, um simulador mais robusto que o apresentado pela MetaMedicsVR, é um simulador imersivo de realidade mista, ou seja, elementos do mundo real são utilizados no ambiente virtual (ver Figura 2.22).

O ambiente imersivo realístico, combinado ao retorno tátil simulado dos procedimentos, com a fisiologia e anatomia das cavidades orais, com retorno tátil real dos instrumentos, oferece ao estudante ainda mais ganho durante os treinamentos, incluindo o manejo correto dos instrumentos e do paciente.

Além das empresas citadas acima, muitas outras também estão presentes no mercado com soluções para treinamento de médicos, enfermeiros e outros profissionais, nas mais diversas áreas da saúde. Não é objetivo deste curso fazer uma varredura exaustiva do mercado. No entanto, dentre elas, podemos citar ainda:

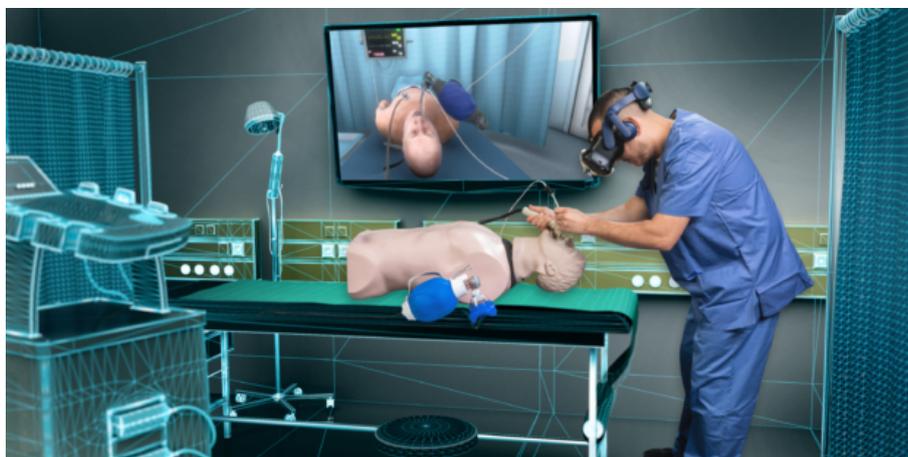


Figura 2.22. Demonstração da aplicação com manequim da MetaMedicsVR¹⁷

- STRIVR¹⁹
- FundamentalVR²⁰
- AppliedVR²¹
- XRHealth²²
- ImmersiveTouch²³

Quando olhamos para o mercado nacional, encontramos iniciativas ainda tímidas em comparação com as apresentadas anteriormente. Uma das empresas que oferece aprendizado em realidade virtual na área médica é a MedRoom, que oferece como seu carro-chefe uma aplicação de aprendizado de anatomia usando experiências imersivas (ver Figura 2.23), além de projetar soluções para treinamentos de casos clínicos.



Figura 2.23. Aplicação Atrium para estudos de anatomia da MedRoom ²⁵

Embora a Laerdal possua atuação no Brasil e esteja presente em centros de simulações mais avançados em universidades, não há informações sobre a comercialização dos simuladores da SimX no país. Por outro lado, *startups* com foco nos simuladores imersivos, com parceria e fomento de órgãos públicos tem ganhado cada vez mais força. Um exemplo é a Simula Health²⁶, que disponibiliza treinamentos através de um hospital virtual onde profissionais e estudantes podem desenvolver e aprimorar habilidades técnicas e comportamentais através de experiências imersivas e desktop.

¹⁹<https://www.strivr.com/use-cases/healthcare>

²⁰<https://fundamentalsurgery.com/>

²¹<https://www.appliedvr.io/>

²²<https://www.xr.health/>

²³<https://www.immersivetouch.com/>

²⁵<https://www.medroom.com.br/atrium-laboratorio>

²⁶<https://simulahealth.com.br>

2.7. Considerações finais e possibilidades futuras

Considerando os resultados positivos obtidos, fica evidente que a realidade virtual se destaca como uma ferramenta eficaz e promissora. Ao oferecer experiências imersivas e interativas, ela proporciona oportunidades únicas de aprendizado prático e aprofundado tanto para estudantes quanto para profissionais da área.

Desde simulações de procedimentos médicos até treinamentos em situações sociais e comportamentais, a realidade virtual está revolucionando a forma como o conhecimento é adquirido e aplicado no contexto da saúde. Com isso, podemos afirmar com confiança que a realidade virtual já se consolidou como uma realidade no ensino em saúde, capacitando os alunos a desenvolver habilidades essenciais de maneira mais envolvente e eficaz.

Cabe ressaltar que a adoção de simulação em saúde emerge como uma prática relativamente nova e que ainda não foi plenamente integrada, sobretudo no que tange ao desenvolvimento de habilidades não técnicas. Mesmo diante de evidências científicas que comprovam sua viabilidade, escalabilidade e eficácia, a implementação dessas tecnologias ainda permanece limitada (Bracq et al., 2019, Zackoff et al., 2023).

Apesar dos avanços tecnológicos e das ofertas cada vez mais diversificadas de simuladores para o treinamento de profissionais de saúde, ainda existem desafios significativos que limitam sua adoção generalizada em larga escala. Estas restrições incluem questões de integração, flexibilidade e validação dos simuladores. Esses obstáculos precisam ser superados para que a utilização de simuladores de realidade virtual se torne mais disseminada e impactante no campo da saúde.

Ainda há um vasto campo para melhorias, especialmente em aspectos técnicos, como a precisão na reprodução de estímulos físicos, o rendering realista, e o desenvolvimento de comportamentos mais realistas em pacientes virtuais.

Testes e experimentos controlados com usuários representativos do público-alvo dos simuladores precisam ser conduzidos a fim de validar as formas de interação e visualização escolhidas, bem como a efetividade dos simuladores em relação ao aprendizado dos estudantes. Ainda que vários estudos neste sentido já tenham sido conduzidos com resultados positivos, o desenvolvimento de novas ferramentas de hardware e software (e.g. novos HMDs, integração de IA e háptica), exige que novos estudos sejam conduzidos continuamente.

Finalmente, ainda que equipamentos de realidade virtual de alta qualidade estejam atualmente disponíveis no mercado a preços razoáveis, a adaptação de estudantes e profissionais ao uso contínuo destes equipamentos ainda não foi plenamente avaliada. Poucos estudos abordam os efeitos do uso de HMDs por longos e recorrentes períodos, em especial envolvendo profissionais da área médica.

Essas questões são fundamentais para avançar em direção a uma utilização ainda mais eficaz das tecnologias de realidade virtual no ensino em saúde.

Agradecimentos

Este estudo vem sendo parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código Financeiro 001, CNPq (Universal 421962/2023-2), FAPERGS (PqG 17/2551-0001192-9 e RITE 22/2551-0000390-7) e Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP).

Referências

- Ali Alaraj, Cristian J Luciano, Daniel P Bailey, Abdussalam Elsenousi, Ben Z Roitberg, Antonio Bernardo, P Pat Banerjee, and Fady T Charbel. Virtual reality cerebral aneurysm clipping simulation with real-time haptic feedback. *Operative Neurosurgery*, 11(1):52–58, 2015.
- Ibrahim Aliwi, Vico Schot, Michele Carrabba, Phuoc Duong, Silvia Shievano, Massimo Caputo, Jo Wray, Adelaide de Vecchi, and Giovanni Biglino. The role of immersive virtual reality and augmented reality in medical communication: A scoping review. *J. of Patient Experience*, 10, 1 2023. ISSN 23743743. doi: 10.1177/23743735231171562.
- Gerry Altmiller, Francisco Jimenez, Jack Wharton, Cheryl Wilson, and Natalie Wright. HIV and Contact Tracing: Impact of a Virtual Patient Simulation Activity. *Clinical Simulation in Nursing*, 64:58–66, 2022. ISSN 18761399. doi: 10.1016/j.ecns.2021.12.005.
- Cagatay Basdogan, Mert Sedef, Matthias Harders, and Stefan Wesarg. Vr-based simulators for training in minimally invasive surgery. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 27(2):54–66, 2007. doi: 10.1109/MCG.2007.51.
- Isabela Bianchi, Alexandre Lazaretti Zanatta, and Rafael Rieder. Augmented reality in medical teaching-learning process content: A systematic review. In *2020 22nd Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR)*, pages 129–133, 2020. doi: 10.1109/SVR51698.2020.00032.
- Flemming Bjerrum, Ann Sofia Skou Thomsen, Leizl Joy Nayahangan, and Lars Konge. Surgical simulation: current practices and future perspectives for technical skills training. *Medical teacher*, 40(7):668–675, 2018.
- D. A. Bowman et al. Higher levels of immersion improve procedure memorization performance. In *Proceeding JVRC'09 Proceedings of the 15th Joint Virtual Reality Eurographics Conference on Virtual Environments*, 2009.
- Marie-Stéphanie Bracq, Estelle Michinov, and Pierre Jannin. Virtual reality simulation in nontechnical skills training for healthcare professionals: a systematic review. *Simulation in Healthcare*, 14(3):188–194, 2019.
- Grigore C Burdea. *Force and touch feedback for virtual reality*. John Wiley & Sons, Inc., 1996.

- Gordon Caldwell. The process of clinical consultation is crucial to patient outcomes and safety: 10 quality indicators. *Clinical Medicine*, 19(6):503–506, 2019. ISSN 1470-2118. doi: 10.7861/clinmed.2019-0263. URL <https://www.rcpjournals.org/content/19/6/503>.
- Lorraine Tudor Car, Bhone Myint Kyaw, Andrew Teo, Tatiana Erlikh Fox, Sunitha Vimalasvaran, Christian Apfelbacher, Sandra Kemp, and Niels Chavannes. Outcomes, measurement instruments, and their validity evidence in randomized controlled trials on virtual, augmented, and mixed reality in undergraduate medical education: Systematic mapping review, 4 2022. ISSN 22919279.
- Laurent Chaby, Abdelkader Benamara, Marco Pino, Etienne Prigent, Brian Ravenet, Jean-Claude Martin, Hubert Vanderstichel, Anne-Sophie Rigaud, and Mohamed Chetouani. Embodied virtual patients as a simulation-based framework for training clinician-patient communication skills: An overview of their use in psychiatric and geriatric care. *Frontiers in Virtual Reality*, 3:827312, 2022. doi: 10.3389/frvir.2022.827312.
- A. Chalmers and K. Debattista. Level of realism for serious games. In *Games and Virtual Worlds for Serious Applications, 2009. VS-GAMES '09. Conference in*, 2009.
- Gilles Chiniara, Gary Cole, Ken Brisbin, Dan Huffman, Betty Cragg, Mike Lamacchia, Dianne Norman, and Canadian Network For Simulation in Healthcare Guidelines Working Group. Simulation in healthcare: A taxonomy and a conceptual framework for instructional design and media selection. *Medical Teacher*, 35(8):e1380–e1395, 2013. doi: 10.3109/0142159X.2012.733451. URL <https://doi.org/10.3109/0142159X.2012.733451>. PMID: 23121247;.
- Seung-Hun Chon, Sabrina Hilgers, Ferdinand Timmermann, Thomas Dratsch, Patrick Sven Plum, Felix Berlth, Rabi Datta, Hakan Alakus, Hans Anton Schlößer, Christoph Schramm, et al. Web-based immersive patient simulator as a curricular tool for objective structured clinical examination preparation in surgery: development and evaluation. *JMIR Serious Games*, 6(3):e10693, 2018.
- Fabrizio Consorti, Rosaria Mancuso, Martina Nocioni, and Annalisa Piccolo. Efficacy of virtual patients in medical education: a meta-analysis of randomized studies. *Computers & Education*, 59(3):1001–1008, 2012.
- David A Cook and Marc M Triola. Virtual patients: a critical literature review and proposed next steps. *Medical education*, 43(4):303–311, 2009.
- S. Cotin, H. Delingette, and N. Ayache. Real-time elastic deformations of soft tissues for surgery simulation. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 5(1):62–73, 1999. doi: 10.1109/2945.764872.
- S. Deterding et al. From game design elements to gamefulness: Defining gamification. In *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*, 2011.

- Chelsea Ekstrand, Ali Jamal, Ron Nguyen, Annalise Kudryk, Jennifer Mann, and Ivar Mendez. Immersive and interactive virtual reality to improve learning and retention of neuroanatomy in medical students: a randomized controlled study. *Canadian Medical Association Open Access Journal*, 6(1):E103–E109, 2018. doi: 10.9778/cmajo.20170110. URL <https://www.cmajopen.ca/content/6/1/E103>.
- Abraham Flexner. *Medical Education in the United States and Canada: A Report to the Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching*. Arno Press, New York, 1972. Originally published in 1910 with the Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching.
- Thomas A Furness III. The super cockpit and its human factors challenges. In *Proceedings of the human factors society annual meeting*, volume 30, pages 48–52. SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, 1986.
- Sandeep Ganni, Meng Li, Sanne MBI Botden, Samir Ranjan Nayak, Bhaskar Rao Ganni, Anne-Francoise Rutkowski, Richard HM Goossens, and Jack Jakimowicz. Virtual operating room simulation setup (vorss) for procedural training in minimally invasive surgery—a pilot study. *Indian Journal of Surgery*, 82:810–816, 2020.
- J. Gerup, C.B. Soerensen, and P. Dieckmann. Augmented reality and mixed reality for healthcare education beyond surgery: an integrative review. *Int J Med Educ*, 11:1–18, 2020. doi: 10.5116/ijme.5e01.eb1a. URL <http://www.ijme.net/archive/11/augmented-reality-for-healthcare-education/>.
- T. P. Grantcharov, V. B. Kristiansen, J. Bendix, L. Bardram, J. Rosenberg, and P. Funch-Jensen. Randomized clinical trial of virtual reality simulation for laparoscopic skills training. *British Journal of Surgery*, 91(2):146–150, 2004. ISSN 00071323. doi: 10.1002/bjs.4407.
- Frederic W Hafferty. Beyond curriculum reform: confronting medicine’s hidden curriculum. *Academic medicine*, 73(4):403–7, 1998.
- Minsik Hong, Jerzy W Rozenblit, and Allan J Hamilton. Simulation-based surgical training systems in laparoscopic surgery: a current review. *Virtual Reality*, 25(2):491–510, 2021.
- Tobias Huber, Markus Paschold, Christian Hansen, Hauke Lang, and Werner Kneist. Artificial versus video-based immersive virtual surroundings: Analysis of performance and user’s preference. *Surgical Innovation*, 25(3):280–285, 2018a. doi: 10.1177/1553350618761756. URL <https://doi.org/10.1177/1553350618761756>. PMID: 29504470.
- Tobias Huber, Tom Wunderling, Markus Paschold, Hauke Lang, Werner Kneist, and Christian Hansen. Highly immersive virtual reality laparoscopy simulation: development and future aspects. *International journal of computer assisted radiology and surgery*, 13:281–290, 2018b.

- B.C. Ibanez, B. Marne, and J.M. Labat. Conceptual and technical frameworks for serious games. In *Proceedings of the 5th European Conference on Games Based Learning*, pages 81–87, 2011.
- Francisco A Jimenez. Can Virtual Patient Simulation Be Used in Substitution of Traditional Clinical Hours in Undergraduate Nursing Education? A Review of the Evidence. *White Paper*, page 15, 2022.
- Beres Joyner and Dr Louise Young. Teaching medical students using role play: Twelve tips for successful role plays. *Medical Teacher*, 28(3):225–229, 2009. doi: 10.1080/01421590600711252. URL <https://doi.org/10.1080/01421590600711252>. PMID: 16753719.
- Ae-Ri Jung and Eun-A Park. The effectiveness of learning to use hmd-based vr technologies on nursing students: chemoport insertion surgery. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(8):4823, 2022.
- Gerson Alves Pereira Júnior and Hermila Tavares Vilar Guedes. *Simulação Clínica: ensino e avaliação nas diferentes áreas da Medicina e Enfermagem Cirurgia Geral, Clínica Médica, Emergência, Ginecologia e Obstetrícia, Pediatria, Saúde Coletiva, Saúde da Família e Comunidade e Saúde Mental*. Associação Brasileira de Educação Médica, 2022. ISBN 978-65-86406-04-7. URL <https://website.abem-educmed.org.br/publicacoes/ebooks/>.
- Shunaha Kim-Fine and Erin A Brennand. Surgical simulation and competency. *Obstetrics and Gynecology Clinics*, 43(3):575–590, 2016.
- A. J. Kleinheksel. Transformative learning through virtual patient simulations: Predicting critical student reflections. *Clinical Simulation in Nursing*, 10(6):e301–e308, 2014. ISSN 18761399. doi: 10.1016/j.ecns.2014.02.001. URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecns.2014.02.001>.
- Nils Fredrik Kleven, Ekaterina Prasolova-Førland, Mikhail Fominykh, Arne Hansen, Guri Rasmussen, Lisa Millgård Sagberg, and Frank Lindseth. Training nurses and educating the public using a virtual operating room with oculus rift. In *2014 International Conference on Virtual Systems & Multimedia (VSMM)*, pages 206–213. IEEE, 2014.
- Bhone Myint Kyaw, Nakul Saxena, Pawel Posadzki, Jitka Vseteckova, Charoula Konstantia Nikolaou, Pradeep Paul George, Ushashree Divakar, Italo Masiello, Andrzej A. Kononowicz, Nabil Zary, and Lorainne Tudor Car. Virtual reality for health professions education: Systematic review and meta-analysis by the digital health education collaboration, 1 2019. ISSN 14388871.
- G Michael Lemole Jr, P Pat Banerjee, Cristian Luciano, Sergey Neckrysh, and Fady T Charbel. Virtual reality in neurosurgical education: part-task ventriculostomy simulation with dynamic visual and haptic feedback. *Neurosurgery*, 61(1):142–149, 2007.
- Alexander Libin, Manon Lauderdale, Yuri Millo, Christine Shamloo, Rachel Spencer, Brad Green, Joyce Donnellan, Christine Wellesley, and Suzanne Groah. Role-playing

- simulation as an educational tool for health care personnel: Developing an embedded assessment framework. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 13(2):217–224, 2010. URL <http://doi.org/10.1089/cyber.2009.0040>.
- Alan Liu, Frank Tendick, Kevin Cleary, and Christoph Kaufmann. A Survey of Surgical Simulation: Applications, Technology, and Education. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 12(6):599–614, 12 2003. doi: 10.1162/105474603322955905. URL <https://doi.org/10.1162/105474603322955905>.
- Ryan Lohre, Aaron J Bois, George S Athwal, Danny P Goel, et al. Improved complex skill acquisition by immersive virtual reality training: a randomized controlled trial. *JBJS*, 102(6):e26, 2020.
- Abel J. Lungu, Wout Swinkels, Luc Claesen, Puxun Tu, Jan Egger, and Xiaojun Chen. A review on the applications of virtual reality, augmented reality and mixed reality in surgical simulation: an extension to different kinds of surgery. *Expert Review of Medical Devices*, 18:47–62, 2021. ISSN 17452422. doi: 10.1080/17434440.2021.1860750.
- Anderson Maciel and Suvranu De. An efficient dynamic point algorithm for line-based collision detection in real time virtual environments involving haptics. *Computer animation and virtual worlds*, 19(2):151–163, 2008.
- Anderson Maciel, Youquan Liu, Woojin Ahn, T Paul Singh, Ward Dunnican, and Suvranu De. Development of the vblast™: a virtual basic laparoscopic skill trainer. *The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery*, 4(2):131–138, 2008.
- Randi Q Mao, Lucy Lan, Jeffrey Kay, Ryan Lohre, Olufemi R Ayeni, Danny P Goel, et al. Immersive virtual reality for surgical training: a systematic review. *Journal of Surgical Research*, 268:40–58, 2021.
- Emerson Elias Merhy. Saúde: a cartografia do trabalho vivo. In *Saúde: a cartografia do trabalho vivo*, pages 189–189. 2005.
- D.R. Michael and S.L. Chen. *Serious Games: Games that Educate, Train, and Inform*. Muska & Lipman/Premier-Trade, 2005.
- Paul Milgram and Fumio Kishino. A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*, E77-D(12):1321–1329, 1994.
- I. D. Montiel et al. *Evaluación de competencias en ciencias de la salud*. Unam, Editorial Médica Panamericana, México, 2012.
- Martin Müller, Jonas Jürgens, Marcus Redaelli, Karsten Klingberg, Wolf E Hautz, and Stephanie Stock. Impact of the communication and patient hand-off tool sbar on patient safety: a systematic review. *BMJ open*, 8(8):e022202, 2018.
- M. Müller, J. Jürgens, M. Redaelli, K. Klingberg, W.E. Hautz, and S. Stock. Impact of the communication and patient hand-off tool sbar on patient safety: a systematic review. *BMJ Open*, 8(8):e022202, Aug 2018. doi: 10.1136/bmjopen-2018-022202.

- Luciana Nedel, Vinicius Costa de Souza, Aline Menin, Lucia Sebben, Jackson Oliveira, Frederico Faria, and Anderson Maciel. Using immersive virtual reality to reduce work accidents in developing countries. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 36(2): 36–46, 2016. doi: 10.1109/MCG.2016.19.
- Matheus Dias Negrão, Wesley Ferreira, Betania Bohrer, Carla M.D.S. Freitas, Anderson Maciel, and Luciana Nedel. Design and think-aloud study of an immersive interface for training health professionals in clinical skills. In *Proceedings of the 25th Symposium on Virtual and Augmented Reality, SVR '23*, page 157–165, New York, NY, USA, 2024. Association for Computing Machinery. ISBN 9798400709432. doi: 10.1145/3625008.3625037. URL <https://doi.org/10.1145/3625008.3625037>.
- Debra Nestel and Tanya Tierney. Role-play for medical students learning about communication: Guidelines for maximising benefits. *BMC Medical Education*, 7(1): 3–, 2007. doi: 10.1186/1472-6920-7-3. URL <https://doi.org/10.1186/1472-6920-7-3>.
- OMS. *Guia curricular de segurança do paciente da Organização Mundial da Saúde: edição multiprofissional*. Autografia, Rio de Janeiro, 2016. ISBN 978-85-5526-850-2. URL <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/44641/9788555268502-por.pdf?sequence=32>.
- Dixit Bharatkumar Patel, Yong Pei, Mitesh Vasoya, and Paul J. Hershberger. Computer-Supported Experiential Learning-Based Tool for Healthcare Skills. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 43(2):57–68, 2023. ISSN 15581756. doi: 10.1109/MCG.2023.3242921.
- Michael Pfandler, Marc Lazarovici, Philipp Stefan, Patrick Wucherer, and Matthias Weigl. Virtual reality-based simulators for spine surgery: a systematic review. *The Spine Journal*, 17(9):1352–1363, 2017. ISSN 1529-9430. doi: <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2017.05.016>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1529943017302085>.
- Jai Prashar, Chavini Ranasinghe, and Chirag Bussa Rao. Twelve tips for medical students to enhance clinical skills learning during disrupted placements. *Medical Teacher*, 44(6):596–600, 2022. doi: 10.1080/0142159X.2021.1910644. URL <https://doi.org/10.1080/0142159X.2021.1910644>. PMID: 33856946.
- L. Raghupathi, L. Grisoni, F. Faure, D. Marchal, M.-P. Cani, and C. Chaillou. An intestinal surgery simulator: real-time collision processing and visualization. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 10(6):708–718, 2004. doi: 10.1109/TVCG.2004.36.
- Karan Rangarajan, Heather Davis, and Philip H. Pucher. Systematic review of virtual haptics in surgical simulation: A valid educational tool? *Journal of Surgical Education*, 77(2):337–347, 2020. ISSN 1931-7204. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jsurg.2019.09.006>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1931720419306609>.

- Laura Raya, Juan Jesus Ruiz, Marc Fabian, Adrian Ron, Javier Garcia, and Cristina Verdu. Development of a Virtual Reality Tool for the Treatment of Pediatric Patients in the ICU. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 43(2):69–77, 2023. ISSN 15581756. doi: 10.1109/MCG.2023.3239676.
- M. Reznick, P. Harter, and T. Krummel. Virtual reality and simulation: Training the future emergency physician. *Academic Emergency Medicine*, 9(1):78–87, 2002. ISSN 10696563. doi: 10.1197/aemj.9.1.78.
- Igo B Ribeiro, Janet MC Ngu, Buu-Khanh Lam, and Roger A Edwards. Simulation-based skill training for trainees in cardiac surgery: a systematic review. *The Annals of Thoracic Surgery*, 105(3):972–982, 2018.
- Francesco Rizzetto, Alessandro Bernareggi, Sofia Rantas, Angelo Vanzulli, and Maurizio Vertemati. Immersive virtual reality in surgery and medical education: Diving into the future. *The American Journal of Surgery*, 220(4):856–857, 2020.
- Albert A Rizzo, Joann Difede, Barbara O Rothbaum, Scott Johnston, Robert N McLAY, Greg Reger, Gregory A Gahm, Thomas D Parsons, Ken Graap, and Jarrell Pair. Vr ptsd exposure therapy results with active duty oif/oef combatants. In *MMVR*, pages 277–282, 2009.
- Ganesh Sankaranarayanan, Baichun Li, Kelly Manser, Stephanie B Jones, Daniel B Jones, Steven Schwaitzberg, Caroline GL Cao, and Suvranu De. Face and construct validation of a next generation virtual reality (gen2-vr©) surgical simulator. *Surgical endoscopy*, 30:979–985, 2016.
- Richard M Satava. Virtual reality surgical simulator: the first steps. *Surgical endoscopy*, 7:203–205, 1993.
- Richard M Satava and Shaun B Jones. Virtual environments for medical training and education. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6(2):139–146, 1997.
- B. Sawyer. The "serious games" landscape. In *Instructional & Research Technology Symposium for Arts, Humanities, and Social Sciences*, 2007.
- Ka-Chun Siu, Bradley J Best, Jong Wook Kim, Dmitry Oleynikov, and Frank E Ritter. Adaptive virtual reality training to optimize military medical skills acquisition and retention. *Military medicine*, 181(suppl_5):214–220, 2016.
- Dimitrios Stefanidis, Nick Sevdalis, John Paige, Boris Zevin, Rajesh Aggarwal, Teodor Grantcharov, Daniel B Jones, Association for Surgical Education Simulation Committee, et al. Simulation in surgery: what's needed next? *Annals of surgery*, 261(5): 846–853, 2015.
- Moira Stewart, Judith Belle Brown, W Wayne Weston, Ian R McWhinney, Carol L McWilliam, and Thomas R Freeman. *Medicina centrada na pessoa: transformando o método clínico*. Artmed Editora, 2017.

- Sebastian Streuber, Patrick Saalfeld, Katja Podulski, Florentine Hüttl, Tobias Huber, Holger Buggenhagen, Christian Boedecker, Bernhard Preim, and Christian Hansen. Training of patient handover in virtual reality. *Current Directions in Biomedical Engineering*, 6(1):20200040, 2020. URL <https://doi.org/10.1515/cdbme-2020-0040>.
- Jacob Stuart, Karen Aul, Michael Bumbach, Anita Stephen, and Benjamin Lok. Building a handoff communication virtual experience for nursing students using virtual humans. *CIN: Computers, Informatics, Nursing*, 39(12):1017–1026, December 2021. doi: 10.1097/CIN.0000000000000760.
- Colin Sutherland, Keyvan Hashttrudi-Zaad, Rick Sellens, Purang Abolmaesumi, and Parvin Mousavi. An augmented reality haptic training simulator for spinal needle procedures. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 60(11):3009–3018, Nov 2013. ISSN 1558-2531. doi: 10.1109/TBME.2012.2236091.
- Ivan E. Sutherland. The ultimate display. In *Proceedings of the Congress of the International Federation of Information Processing (IFIP)*, volume volume 2, pages 506–508, 1965.
- Charison Tay, Ankur Khajuria, and Chinmay Gupte. Simulation training: a systematic review of simulation in arthroscopy and proposal of a new competency-based training framework. *International Journal of Surgery*, 12(6):626–633, 2014.
- Tuo Wen, David Medveczky, Jie Wu, and et al. Colonoscopy procedure simulation: Virtual reality training based on a real time computational approach. *BioMedical Engineering OnLine*, 17:9, 2018. doi: 10.1186/s12938-018-0433-4. URL <https://doi.org/10.1186/s12938-018-0433-4>.
- WHO. World health organization global patient safety action plan 2021–2030: Towards eliminating avoidable harm in health care. URL <https://www.who.int/teams/integrated-health-services/patient-safety/policy/global-patient-safety-action-plan>. Accessed: May 2024.
- Wikipedia. Metaverso, 2023. URL <https://pt.wikipedia.org/wiki/Metaverso>. Accessed: June 2024.
- Matthew W Zackoff, David Davis, Michele Rios, Rashmi D Sahay, Bin Zhang, Ian Anderson, Matthew NeCamp, Ingrid Rogue, Stephanie Boyd, Aimee Gardner, et al. Tolerability and acceptability of autonomous immersive virtual reality incorporating digital twin technology for mass training in healthcare. Technical report, LWW, 2023.
- Jinao Zhang, Yongmin Zhong, and Chengfan Gu. Deformable models for surgical simulation: A survey. *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*, 11:143–164, 2018. doi: 10.1109/RBME.2017.2773521.
- Michael Zyda. From visual simulation to virtual reality to games. *Computer*, 38(9): 25–32, 2005. ISSN 00189162. doi: 10.1109/MC.2005.297.