

**Nota técnica**

## *Tecnologias Imersivas na Educação em Saúde*

### *Immersive Technologies in Health Education*

Romero Tori<sup>I</sup>

#### **Resumo**

Além de enfrentar todos os desafios relacionados com a formação de recursos humanos, a educação em saúde precisa lidar com os altos custos e as dificuldades de se propiciar a prática de procedimentos que envolvem seres humanos. As tecnologias imersivas, como realidade virtual, realidade aumentada e vídeos imersivos, são alternativas que precisam ser consideradas por propiciar realismo e segurança, além de motivar e engajar, ao mesmo tempo em que seus custos encontram-se em queda, com qualidade e facilidade de uso em alta, incluindo a possibilidade de utilização de dispositivos móveis. Este artigo discute a utilização das tecnologias imersivas na educação em saúde, introduzindo conceitos e referências fundamentais para compreendê-las e utilizá-las. Com o objetivo de oferecer uma visão prática sobre o tema, são apresentados dois relatos de projetos de pesquisa e desenvolvimento coordenados pelo autor. O primeiro, VIDA Odonto, é um simulador de realidade virtual para treinamento de procedimentos de aplicação de anestesia odontológica. O segundo, VIDA Enfermagem, é voltado para a prática de punção venosa periférica para coleta sanguínea.

**Palavras-chave:** Educação em saúde, educação imersiva, realidade virtual, realidade aumentada.

#### **Abstract**

Besides facing all the challenges related to training of human resources, health education needs to deal with the high costs and difficulties of providing the practice of procedures that involve human beings. Immersive technologies, such as virtual reality, augmented reality and immersive videos, are alternatives that need to be considered as they provide realism and security, in addition to motivating and engaging, while their costs are falling, with quality and ease of use on the rise, including the possibility of using mobile devices. This article discusses the use of immersive technologies in health education, introducing fundamental concepts and references to understand and use them. In order to offer a practical view on the subject, two reports of research and development projects coordinated by the author are presented. The first, VIDA Odonto, is a virtual reality simulator for training in dental anesthesia application procedures. The second, VIDA Nursing, is focused on the practice of peripheral venipuncture for blood collection.

**Keywords:** Health education, immersive education, virtual reality, augmented reality.

<sup>I</sup> Romero Tori (tori@usp.br) é engenheiro, doutor e livre-docente pela Universidade de São Paulo (USP), Professor Associado 3 da Escola Politécnica da USP e coordenador do grupo de pesquisa do Laboratório de Tecnologias Interativas - Interlab, São Paulo, Brasil.

## Introdução

A formação prática de futuros profissionais da saúde é sempre cercada de desafios, por impactar vidas humanas e envolver procedimentos delicados e muitas vezes complexos, além dos altos custos necessários para oferecer treinamentos com segurança e qualidade. Erros médicos causam milhares de mortes,<sup>1</sup> que poderiam em grande parte ser evitadas com a melhoria na qualidade da formação profissional. Por motivos óbvios não é possível o treinamento em humanos ou em condições reais. Uma prática antiga para a aprendizagem de determinados procedimentos, visando dar maior realismo aos treinos, consiste no revezamento entre colegas no papel de paciente e profissional, em que um se torna cobaia do outro.<sup>2</sup> Tais práticas, contudo, podem colocar em risco os próprios aprendizes e são cada vez menos empregadas como recurso educacional.

As tecnologias imersivas, realidade virtual (RV), realidade aumentada (RA) e realidade mista (XR), já vêm sendo bastante utilizadas na educação em saúde.<sup>3</sup> Simular com tais tecnologias ambientes, equipamentos, instrumentos e até mesmo pacientes, é hoje a melhor forma de se oferecer experiência na prática profissional de forma ética e segura, a custos razoáveis. Mas há ainda muito a ser explorado e desenvolvido.

Na área da saúde, além da educação, as mídias imersivas encontram muitas aplicações também na prática profissional. Já são muitas as aplicações de RV, RA e XR encontradas em diversos domínios da saúde, tais como: cuidados básicos de saúde,<sup>4-5</sup> geriatria,<sup>6-8</sup> saúde mental,<sup>9-12</sup> cirurgia,<sup>13-17</sup> laparoscopia,<sup>18</sup> odontologia<sup>19-20</sup> e

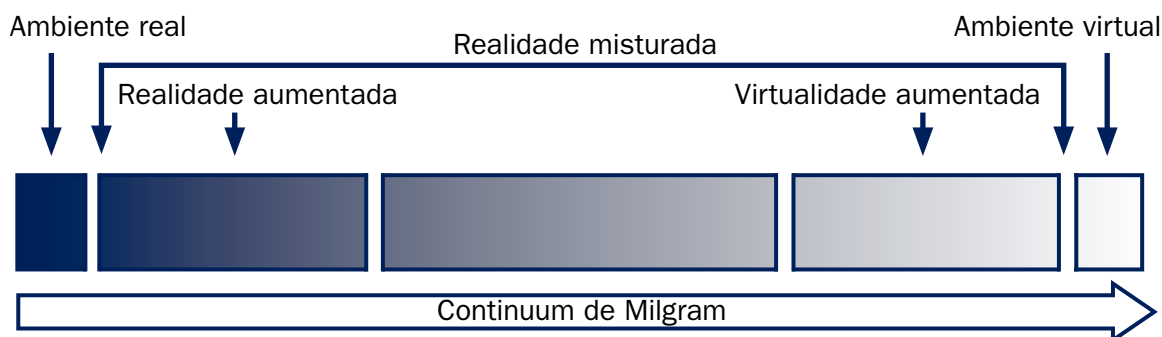
enfermagem.<sup>21-22</sup> Esse fato é mais uma justificativa para a introdução de tecnologias imersivas na educação em saúde, uma vez que colocar os estudantes em contato com essas tecnologias é também importante para familiarizá-lo com recursos que poderão vir a utilizar após formados.

Este artigo tem como objetivo apresentar as tecnologias imersivas e discutir seus usos em educação na área da saúde. A título de ilustração serão apresentados relatos de dois projetos de simuladores de RV para aprendizagem em saúde, nos quais o autor teve participação. Um voltado para o treinamento de anestesia odontológica e outro para a prática do procedimento de coleta de sangue.

## Tecnologias Imersivas

As tecnologias imersivas têm como finalidade o desenvolvimento de ambientes que produzem a sensação, nas pessoas que as utilizam, de vivenciar uma realidade diversa daquela propiciada naturalmente pelo ambiente físico onde se encontram. Essa imersão em outra realidade pode ser total, quando é chamada de Realidade Virtual (RV), ou parcial, quando pode se dar de diferentes formas, intensidades e denominações, como Realidade Aumentada (RA), Virtualidade Aumentada (VA), Realidade Mista (XR). A Figura 1 apresenta o “Contínuo Real-Virtual”,<sup>23</sup> que estabelece um espectro de possibilidades entre o espaço físico e o ambiente totalmente virtual, passando por ambientes que misturam elementos físicos e virtuais.

**Figura 1** - Representação do contínuo Real-Virtual.



Fonte: Tori.<sup>23</sup>

Na extremidade esquerda desse "Continuum", posicionam-se os ambientes da realidade física, como uma sala de aula, um consultório ou um ambiente hospitalar do mundo real. Já na extremidade oposta, situam-se os chamados ambientes virtuais, criados sinteticamente por meio de tecnologias digitais, como um simulador de uma sala de cirurgia ou um hospital criado por realidade virtual. Entre esses extremos temos a chamada "realidade misturada", também conhecida como "mixed reality" (XR), a qual congrega ambientes que mesclam realidade física com realidade virtual e recebem diversas denominações, as quais muitas vezes se sobrepõem total ou parcialmente, como realidade aumentada, realidade estendida, realidade misturada, realidade mista. Utilizaremos neste artigo apenas as denominações apresentadas na Fig. 1, para as possibilidades que vão além do ambiente real:

**Realidade Aumentada (RA):** o usuário pode interagir com elementos virtuais como se esses estivessem no ambiente real e deste fizessem parte.

**Virtualidade Aumentada (VA):** estando imerso em um ambiente virtual, o usuário pode interagir com elementos do espaço físico como se estes estivessem no ambiente e deste fizessem parte.

**Realidade Misturada (XR):** nome genérico que engloba tanto RA como VA.

**Realidade Virtual (RV):** ambiente totalmente virtual, no qual o usuário se sente imerso e consegue se movimentar e interagir.

Dois conceitos importantes, relacionados a ambientes imersivos, são os de "presença" e "imersão". Muitas vezes tratados como equivalentes, compreendê-los e diferenciá-los facilita a discussão e compreensão dos fenômenos envolvidos nas experiências mediadas por tecnologias imersivas. Será adotada aqui a mesma conceituação que o autor deste artigo adota no livro "Educação sem Distância".<sup>24</sup>

**Presença:** refere-se à sensação de estar em algum lugar, com alguém ou com algo, independentemente de estar ou não de fato; quando em atividades mediadas por tecnologia, a sensação de presença será maior

quanto menos for percebida a participação da tecnologia no processo.

**Imersão:** pode ser psicológica, indicando o engajamento e o envolvimento que a pessoa demonstra ao desenvolver uma atividade, ou tecnológica, quando se refere à capacidade dos equipamentos e do ambiente de propiciarem imersão, por exemplo, um HMD (Head Mounted Display), é mais imersivo que a tela do smartphone); quanto mais imersão tecnológica, maior a probabilidade de percepção de estar presente e maior a facilidade para esta evoluir para uma imersão psicológica, ainda que esta dependa de muitos outros fatores, como motivação, interesse e importância da atividade para a pessoa que a desenvolve.

Das tecnologias imersivas aqui mencionadas, trataremos neste artigo das duas principais: realidade virtual e realidade aumentada.

### **Realidade Virtual**

A realidade virtual (RV) pode ser definida como “um ambiente digital gerado computacionalmente que pode ser experienciado de forma interativa como se fosse real”.<sup>25</sup> Para propiciar a sensação de imersão em um ambiente sintético digital, a RV utiliza aparatos tecnológicos como CAVE<sup>26</sup> e HMD (*Head Mounted Display*), popularmente conhecido como “óculos de RV”. A CAVE é um ambiente fechado que recebe projeções nas paredes e eventualmente também no chão e no teto, fazendo com que o usuário fique envolto pelas projeções e tenha a sensação de estar em outro ambiente. Já o HMD é utilizado preso à cabeça e gera imagens e sons tridimensionais que são percebidos como volumétricos e espaciais, porque os

estímulos visuais e auditivos são diferentes para cada um dos olhos e ouvidos. Além disso, o HMD rastreia o movimento da cabeça de quem o utiliza, de forma que as imagens projetadas em seus olhos se modifiquem de acordo com a direção do olhar e posição da cabeça, o que contribui de forma significativa para a sensação de imersão no ambiente virtual.

A RV também pode utilizar diversos outros equipamentos e dispositivos para aumentar o realismo da interação.<sup>23</sup> Os dispositivos hápticos são bastante empregados para aumentar o realismo na manipulação de objetos, equipamentos e instrumentos no ambiente virtual simulado. Tais dispositivos produzem retorno de força e sensações táteis, podendo ir de simples controles com vibração, a luvas para captura dos movimentos de dedos e mãos, com produção de sensações táteis. Muitas vezes, são criados dispositivos específicos que mimetizam instrumentos físicos como bisturis, seringas, pedais e volantes.

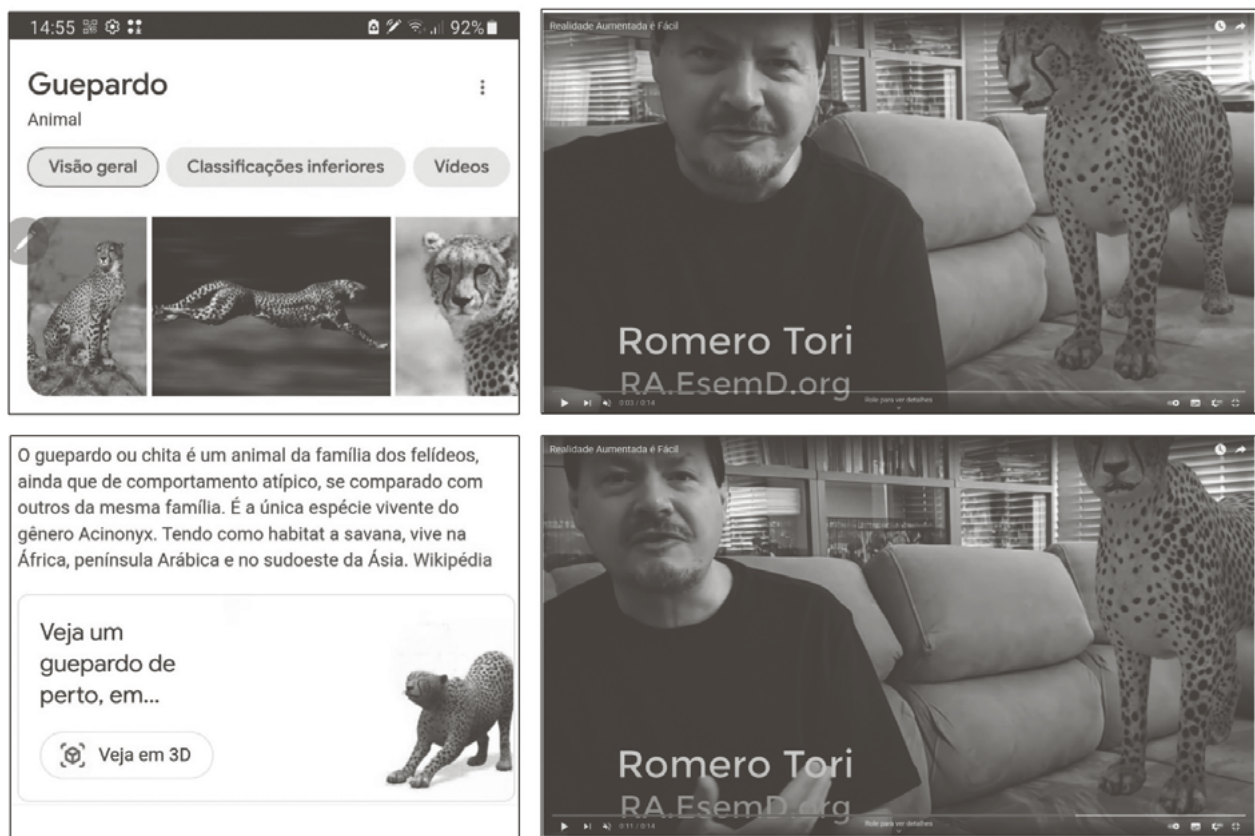
### **Realidade Aumentada**

A Realidade Aumentada (RA), diferentemente da RV, que busca criar um mundo virtual a parte, tem como objetivo enriquecer o ambiente real com elementos e experiências virtuais, gerados computacionalmente, que aparentam se integrar ao espaço real.<sup>27</sup> A RA abre inúmeras possibilidades de aplicação, que vão de jogos que unem a flexibilidade proporcionada pelo computador à liberdade de movimentos dos espaços reais, a sistemas que projetam sobre o corpo de um paciente orientações sobre procedimentos cirúrgicos.

Hoje existem diversos aplicativos para celulares e *tablets* que permitem a visualização e interação com conteúdos em três dimensões, bastando apontar a câmera do dispositivo para o ambiente físico e observar através de sua tela o ambiente enriquecido com conteúdo virtual (Fig. 2), o que torna essa tecnologia bastante acessível. No entanto, para aplicações

profissionais e com maior imersão podem ser usados visores de realidade virtual, que podem ser óculos semitransparentes, que projetam imagens virtuais em suas lentes (Fig. 3), ou um HMD equipado com câmera que capta as imagens do ambiente físico, às quais são inseridos elementos virtuais antes de serem enviadas aos olhos do usuário.

**Figura 2** - Visualização de um guepardo virtual no ambiente físico com efeito de Realidade Aumentada (RA): montagem com captura de telas do site de buscas Google e de vídeo gravado durante o uso do recurso de RA oferecido por esse site.



Fonte: O Autor.

**Figura 3** - Visores de Realidade Aumentada.



**Fontes:** Fabricantes, da parte superior da figura para o canto inferior à direita, Magic Leap (<https://www.magicleap.com/>), Microsoft HoloLens (<https://www.microsoft.com/en-us/hololens>), Nreal (<https://www.nreal.ai/>).

É importante ressaltar que não é qualquer tipo de mistura de imagens virtuais e visualização do espaço físico que pode ser chamada de RA.<sup>23</sup> Segundo Azuma et al.,<sup>27</sup> um sistema de realidade aumentada deve necessariamente apresentar três características: inserir elementos virtuais a informações captadas do espaço físico; posicionar com precisão os elementos virtuais no espaço tridimensional, de forma a iludir os sentidos humanos a percebê-los como fazendo parte do espaço físico e possibilitar interação em tempo real.

### **Tecnologias Imersivas nas Práticas em Saúde**

A formação e treinamento de profissionais da saúde envolve grandes desafios. Ao mesmo tempo em que espera-se que tais profissionais atuem com a máxima qualidade e segurança ao interagirem com pacientes e colegas de trabalho, é essa atuação prática a melhor forma de dar-lhes a experiência necessária para atingir a qualidade necessária. Ainda que durante suas formações e em início de carreira essas experiências sejam

desenvolvidas de forma supervisionada e segura, quanto mais rapidamente poderem adquirir experiências práticas e de forma segura, melhor. Para tanto as escolas e centros de treinamento costumam utilizar os chamados “simuladores”, em geral na forma de bonecos ou equipamentos mecânicos que permitem o treinamento seguro de alguns procedimentos antes de se colocar o aprendiz em contato direto com equipamentos hospitalares ou com pacientes reais. Tais simuladores, no entanto, são caros e bastante limitados. Permitem a prática de habilidades sensório-motoras, mas não oferecem o realismo de uma situação real.

As tecnologias imersivas, na forma de realidade virtual, realidade aumentada e realidade misturada, permitem a simulação com alto nível de realismo de praticamente qualquer situação do mundo real, perdendo apenas para a própria. São, portanto, a melhor forma de se colocar o treinando em situações próximas à realidade, com segurança. Tais tecnologias ainda costumam ser menos custosas e mais flexíveis que os simuladores físicos e são mais práticas de instalar, usar e manter. Tornam

possível que estudantes repitam procedimentos tantas vezes quantas forem necessárias, até que se sintam seguros e sejam avaliados como aptos a praticá-las profissionalmente. Conforme afirmam Barteit et al.,<sup>3</sup> os HMD permitem práticas repetitivas sem riscos aos pacientes e introduzem novas possibilidades para aprendizagem de conteúdos complexos, além de reduzir limitações éticas, financeiras e de supervisão dos tradicionais materiais usados na educação em saúde, como cadáveres e equipamentos de simulação. Estudos desses mesmos autores mostraram que atualmente já há muitos usos de tecnologias imersivas no treinamento em várias áreas da saúde, com destaque para cirurgia, anatomia e desenvolvimento de habilidades e conhecimentos médicos básicos, sendo que os usos de RV e RA se mostraram indutores de motivação e engajamento, com efeitos benéficos para a educação na área da saúde.

Outra aplicação bastante comum, e que ainda possui muito potencial a ser explorado é a utilização de tecnologias imersivas no apoio a mudanças comportamentais. Essas mudanças podem ter objetivos terapêuticos ou educacionais. Há muitas pesquisas voltadas ao uso de ambientes imersivos no tratamento de fobias e terapias de exposição para tratamento de dependências, nas quais o foco principal são os gatilhos disparados por situações ou estímulos específicos.<sup>28</sup> Já foi demonstrado, por exemplo, que incorporar um avatar (entidade virtual controlada pelo usuário e que o representa no ambiente imersivo) pode aumentar a disposição em desenvolver novos comportamentos.<sup>29</sup> As mídias imersivas podem melhorar o bem-estar das pessoas gerando estímulos e respostas emocionais.<sup>30</sup> No campo educacional, há estudos voltados para

mudanças comportamentais envolvendo: *soft skills* (solução de problemas, controle emocional, confiança, colaboração e liderança), *hard skills* (orientação, habilidades sensório-motoras), sociabilidade e hábitos saudáveis.<sup>31</sup>

A capacidade de nossa mente de se transportar para outros lugares e nestes se sentir imerso ou de aceitar extensões e alterações em seu próprio corpo (fenômeno denominado “*embodiment*”) é tão poderosa que, com o apoio de tecnologias imersivas, possibilita até mesmo experiências de trocas de corpos, como a relatada no artigo de Oliveira et al.,<sup>32</sup> sentir-se no corpo de outro facilita o desenvolvimento de empatia, o que pode ser um recurso pedagógico inovador em determinados treinamentos relacionados ao atendimento e relacionamento com pacientes e colegas de profissão.

Segundo Lee et al.,<sup>33</sup> as mídias imersivas facilitam e aumentam o potencial de aprendizagem por meio de experiências autênticas e realistas. Há evidências de que a RV pode ser útil no aprimoramento de habilidades cirúrgicas e redução de erros durante intervenções e consequente aumento da segurança dos pacientes, sendo que a neurocirurgia, uma área que envolve as mais complexas intervenções, tem tido resultados positivos com o uso de RV.<sup>34</sup>

### **Relato de Desenvolvimento: Simulador Imersivo VIDA Odonto**

Um dos procedimentos que causa mais preocupação aos estudantes de odontologia é o de anestesia do nervo alveolar inferior. A tensão é muito grande quando necessitam pela primeira vez executar o procedimento em um paciente real. A simulação por meio de realidade virtual é uma

boa alternativa para possibilitar treinamento em situação bem próxima à real, de forma a reduzir a tensão e possíveis erros causados por nervosismo ou pela falta de experiência. Com vistas a melhorar a qualidade da formação do profissional de odontologia, foi desenvolvido o VIDA Odonto pelo Laboratório de Tecnologias Interativas (Interlab USP), em parceria com o Laboratório de Simulação e Treinamento (LaSIT) da Faculdade de Odontologia de Bauru (FOB USP) e o Laboratório de Aplicações de Informática em Saúde (LApIS USP).

O VIDA Odonto é uma ferramenta imersiva e interativa que reproduz em detalhes um

consultório dentário e um paciente (Fig. 4). No momento, esse sistema encontra-se em uma versão protótipo, que vem sendo utilizada para realização de pesquisas e experimentos, cujos resultados iniciais já estão sendo publicados.<sup>19-20</sup> O próximo passo é a obtenção de patrocínios e apoios para o desenvolvimento de uma versão que possa ser distribuída para escolas de odontologia. Também estão sendo realizadas pesquisas para desenvolvimento de uma interface inovadora, uso de inteligência artificial para avaliar o procedimento realizado pelo aluno<sup>35-36</sup> e para gamificação do ambiente imersivo.<sup>37-38</sup>

**Figura 4** - Simulador VIDA Odonto em uso.



**Fonte:** O Autor.

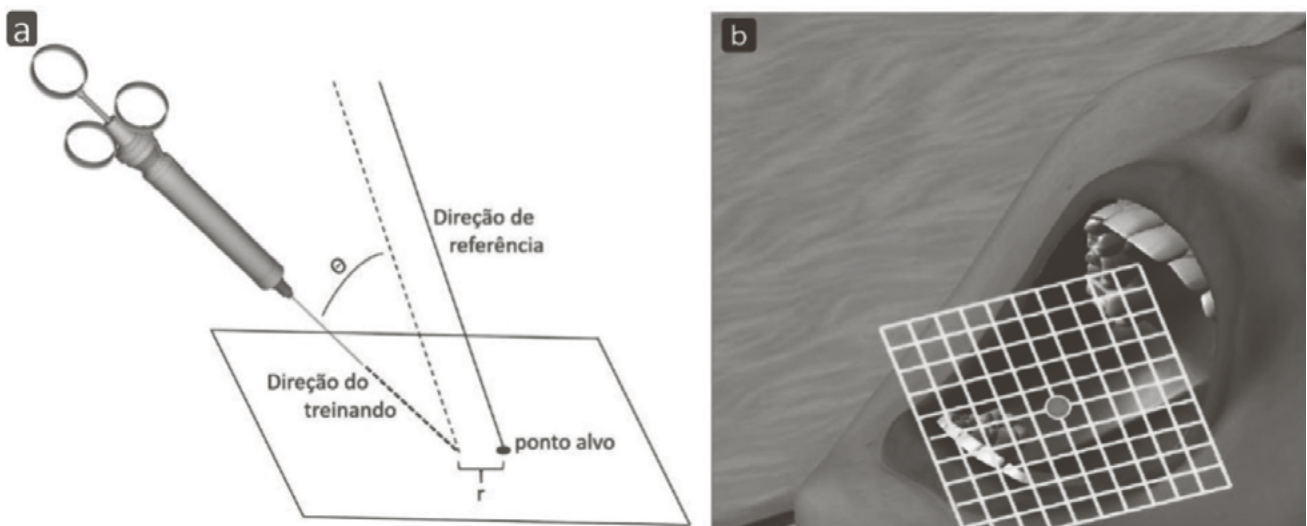


Esse simulador é uma solução de baixo custo, se comparada a sistemas robotizados ou estações imersivas comercializadas no exterior, que poderá ser utilizada em cursos presenciais como também ser instalada em polos de cursos a distância. Baseia-se no uso de HMD de RV e um dispositivo háptico que oferece retorno de força, aumentando assim o realismo do treinamento. Há a possibilidade de gravação dos treinos realizados, que posteriormente podem ser reproduzidos pelo professor ou pelo próprio aluno para avaliação do desempenho. A gravação não é um simples vídeo, mas o registro em três dimensões de todo o movimento. Dessa forma, a reprodução é realizada em modo imersivo, possibilitando que quem a assiste o faça usando HMD e tendo a possibilidade de mover a cabeça e se aproximar para observar o procedimento por diferentes ângulos e pontos de vista, como se

estivesse presente no consultório e o procedimento estivesse sendo realizado ao vivo.

A qualidade do procedimento realizado pode ser avaliada assistindo-se à gravação imersiva, o que já possui vantagens em relação à observação do procedimento ao vivo, pois permite que seja revisto quantas vezes for necessário e sob diferentes pontos de vista, como também por um módulo de avaliação automática do sistema. Essa avaliação automatizada se baseia no ângulo de inclinação da seringa em relação ao ponto de inserção da agulha e na distância desse ponto em relação ao ponto ideal de inserção. Na versão atual do protótipo é aplicada uma fórmula fixa, que leva em conta os parâmetros apresentados na Fig. 5. Em futuras versões, pretende-se possibilitar que o professor reconfigure a fórmula. Há também estudos para avaliação da trajetória usando-se inteligência artificial e aprendizagem de máquina.

**Figura 5** - Parâmetros usados na avaliação automática.



Fonte: O Autor.

## Relato de Desenvolvimento: Simulador Imersivo VIDA Enfermagem

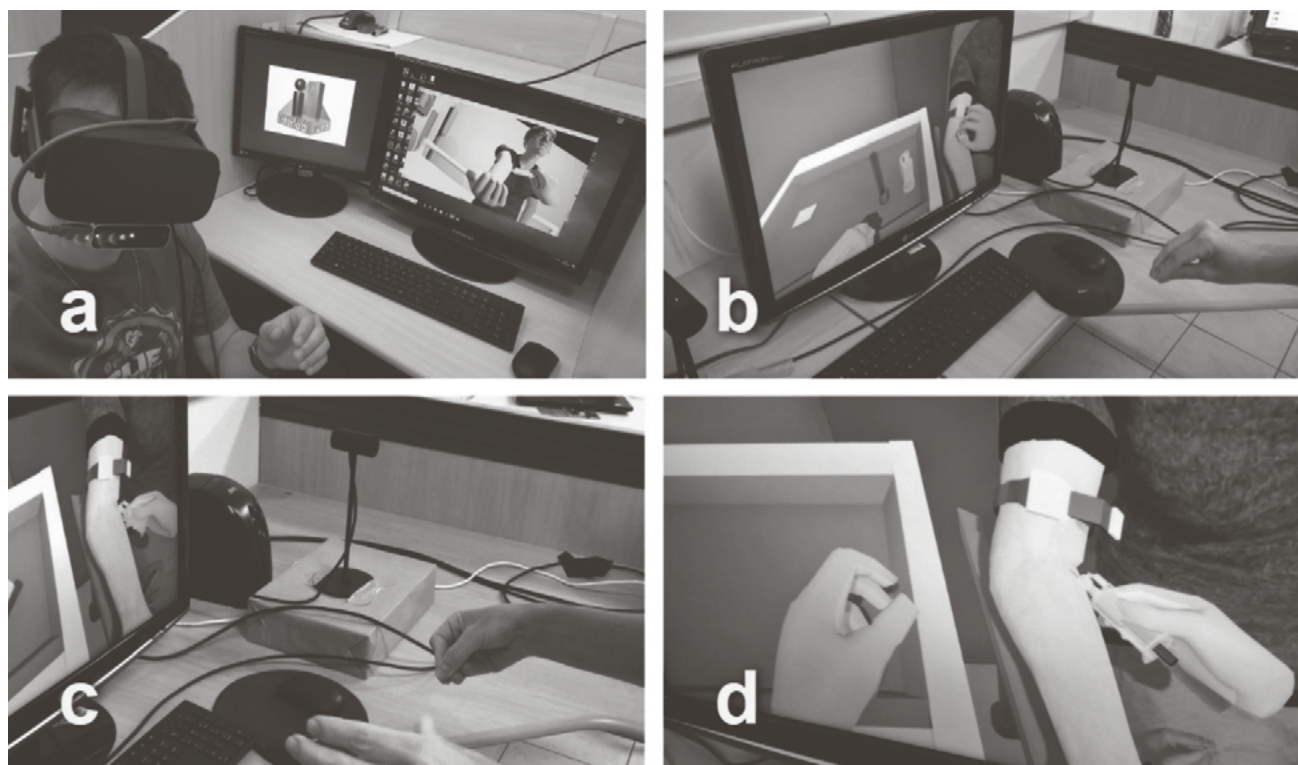
A coleta de sangue por “punção venosa periférica”, apesar de bastante comum e aparentemente simples, possui complexidade e riscos para pacientes e profissionais de enfermagem.<sup>40</sup> O correto e adequado treinamento das habilidades sensório-motoras envolvidas no procedimento continua a desafiar educadores e pesquisadores. O mais comum é a utilização de braços de borracha e outros artefatos para a prática dos estudantes, mas há também a prática entre pares, proibida em diversos países, mas ainda admitida no Brasil.<sup>39</sup>

A realidade virtual pode contribuir para aumentar a eficácia dos treinamentos de punção

venosa periférica, possibilitando maior repetibilidade e segurança para os estudantes. Nesse sentido, o Laboratório de Tecnologias Interativas (Interlab USP), em parceria com a Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, desenvolveu o protótipo experimental VIDA Enfermagem (Figura 6), que foi aplicado e validado em estudantes.<sup>40</sup>

O sistema do Ambiente VIDA Enfermagem é composto por HMD (*Head-mounted Display*) *Oculus Rift CV1*; Sensor de movimentos de mãos *Leap Motion*, acoplado ao HMD (Figura 6a), para captação dos movimentos das mãos; *software* de realidade virtual.

**Figura 6** - Ambiente VIDA Enfermagem.



Legenda: (a) equipamentos, (b) antissepsia, (c) punção, (d) detalhes do sangue entrando no tubo.

Fontes: (a) O Autor; (b), (c), (d) Souza-Júnior.<sup>40</sup>

Durante o desenvolvimento do Ambiente VIDA Enfermagem, um ambiente de enfermagem foi modelado em 3D, contendo maca e mobiliário, além dos objetos necessários à execução do procedimento, como agulha, intermediário e garrote. Nesse ambiente, foi inserido o modelo de um paciente virtual.

Após realização de experimentos e análise dos dados,<sup>40</sup> a citada pesquisa concluiu que essa ferramenta é válida no ensino de punção de veias periféricas a vácuo, apresentando boas perspectivas, ainda que o protótipo testado tenha apresentado algumas limitações, que poderão ser superadas em versões futuras. As principais necessidades de melhorias identificadas foram: precisão na captura dos movimentos das mãos e na punção e retirada de agulha (essa melhoria pode ser facilmente implementada com o uso de um dispositivo háptico, como o utilizado no VIDA Odonto); espaço de movimentação; maior realismo no procedimento de garroteamento (hoje basta o aluno mover o garrote para o braço, que esse é automaticamente ajustado); aprimoramento na usabilidade; adaptação para estudantes canhotos e com deficiência visual (dificuldades para o uso de óculos de correção com o HMD).

### **Considerações finais**

A qualidade dos serviços de saúde depende em grande parte dos profissionais que lá atuam, cujas perícias, por sua vez, são resultado direto da formação que recebem. Sabemos que nada substitui a experiência desenvolvida durante a atuação na prática profissional, no atendimento a pacientes e na vivência em consultórios, clínicas

e hospitais. No entanto, quanto mais tempo os alunos passarem por treinamentos em simuladores e quanto mais realistas forem essas simulações, menores serão os erros cometidos no mundo real em decorrência de imperícia e/ou de falta de experiência. Uma analogia bastante comum de ser feita, ainda que devam ser guardadas as devidas proporções entre os níveis de complexidade e variedade de procedimentos das duas áreas, é com o treinamento de pilotos de avião, fortemente baseado no uso de simuladores. Felizmente, as tecnologias de realidade virtual e de realidade aumentada evoluíram muito em qualidade, ao mesmo tempo em que os custos dos equipamentos imersivos vêm caindo.

O potencial de aplicação dessas tecnologias na educação em saúde é, portanto, enorme, mas ainda pouco explorado. Neste artigo, foram apresentadas as tecnologias imersivas e os principais fundamentos conceituais em que se baseiam. Em seguida, discutiram-se os seus potenciais usos na educação em saúde. Por fim, o desenvolvimento de aplicações imersivas para treinamento na área da saúde foi exemplificado por meio do relato de dois projetos, um voltado ao treinamento de anestesia odontológica e outro de coleta de sangue. Sem a pretensão de esgotar o assunto, espera-se ter contribuído para introduzir esse importante tema, que poderá ser aprofundado nas referências aqui apresentadas.

### **Fontes de financiamento**

O autor foi apoiado pelo Conselho Brasileiro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), via bolsa de produtividade em pesquisa

em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora, na área de Tecnologias Sociais e Educacionais (bolsa número 315180/2018-8) e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) por meio de financiamento à pesquisa (processo número 2016/26290-3).

## **Agradecimentos**

O autor agradece aos alunos bolsistas e voluntários que participaram dos projetos aqui relatados, em especial, à Elen Collaço, André Montes Rodrigues, Lucas Sallaberry, Claudia de Armas, Paulo Muggler Moreira, Allan Amaral Tori, Kim Tanabe, Renata Souza da Silva, Gabriel José Prata dos Santos, Otávio Henrique Monteiro, Gustavo Wang, Felipe Kenzo Kusakawa Mashuda, Leonardo Hirano e Leonardo Prates Marques. Aos colegas do Interlab USP, Professores Fátima Nunes e Ricardo Nakamura, pela colaboração e ricas discussões acadêmicas. Aos colegas da Faculdade de Odontologia da USP, Campus de Bauru (FOB-USP), em especial à Professora Maria Aparecida de Andrade Moreira Machado, pela parceria no projeto VIDA Odonto, suporte nas questões relacionadas à educação em odontologia e apoio na realização de experimentos. Aos colegas da Escola de Enfermagem da USP, Campus de Ribeirão Preto (EERP/USP), em especial à Professora Simone de Godoy Costa, à Professora Isabel Amélia Costa Mendes e ao Professor Valtuir Duarte, pela parceria no projeto VIDA Enfermagem e colaboração nas questões relacionadas ao ensino de Enfermagem. Aos colegas da Faculdade de Odontologia da USP, Campus de São Paulo (FO-USP), em especial à Professora Mary Caroline Skelton Macedo e ao Professor Osvaldo Crivello Jr, pelo suporte nas

questões relacionadas à educação em odontologia e apoio na realização de experimentos. À Professora Elisabeti Kira, pelo suporte nas questões de análise estatística. À FOB/USP e EERP/USP pelo empréstimo de equipamentos. Aos alunos da Poli/USP, FOB/USP, FO/USP e EERP/USP que participaram de experimentos e avaliações.

## **Declaração de conflito de interesses**

O autor declara não haver conflitos de interesse, em relação ao presente estudo.

## **Referências**

1. James JT. A new, evidence-based estimate of patient harms associated with hospital care. *Journal of Patient Safety*. 2013;9(3):122-8.
2. Shakil O, Mahmood F, Matyal R. Simulation in echocardiography: an ever-expanding frontier. *Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia*. 2012 Jun 1;26(3):476-85.
3. Barteit S, Lanfermann L, Bärnighausen T, Neuhann F, Beiersmann C. Augmented, mixed, and virtual reality-based head-mounted devices for medical education: systematic review. *JMIR serious games*. 2021;9(3):e29080.
4. Pears M, Yiasemidou M, Ismail MA, Veneziano D, Biyani CS. Role of immersive technologies in healthcare education during the COVID-19 epidemic. *Scottish Medical Journal*. 2020 ;65(4):112-9.
5. Qu Z, Lau CW, Simoff SJ, Kennedy PJ, Nguyen QV, Catchpole DR. Review of Innovative Immersive Technologies for Healthcare Applications. *Innovations in Digital Health, Diagnostics, and Biomarkers*. 2022;2(2022):27-39.
6. Seifert A, Schlomann A. The use of virtual and augmented reality by older adults: potentials and

- challenges. *Front. Virtual Real.* 2: 639718. doi: 10.3389/frvir. 2021 Apr 30.
7. Shelton BE, Uz C. Immersive technology and the elderly: A mini-review. *Gerontology.* 2015;61(2):175-85.
  8. Carroll J, Hopper L, Farrelly AM, Lombard-Vance R, Bamidis PD, Konstantinidis EI. A Scoping Review of Augmented/Virtual Reality Health and Wellbeing Interventions for Older Adults: Redefining Immersive Virtual Reality. *Frontiers in Virtual Reality.* 2021;2: 2:61.
  9. Jin C, Dai L, Wang T. The application of virtual reality in the training of laparoscopic surgery: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Surgery.* 2021;87:105859.
  10. Freeman D, Reeve S, Robinson A, Ehlers A, Clark D, Spanlang B, Slater M. Virtual reality in the assessment, understanding, and treatment of mental health disorders. *Psychological medicine.* 2017;47(14):2393-400.
  11. Ionescu A, Van Daele T, Rizzo A, Blair C, Best P. 360° Videos for Immersive Mental Health Interventions: a Systematic Review. *Journal of Technology in Behavioral Science.* 2021
  12. Geraets CN, Van der Stouwe EC, Pot-Kolder R, Veling W. Advances in immersive virtual reality interventions for mental disorders: A new reality?. *Current opinion in psychology.* 2021;1:41:40-5.
  13. Casari FA, Navab N, Hruby LA, Kriechling P, Nakamura R, Tori R, Lourdes SNF, Queiroz MC, Fünstahl P, Farshad M. Augmented reality in orthopedic surgery is emerging from proof of concept towards clinical studies: a literature review explaining the technology and current state of the art. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine.* 2021;14(2):192-203.
  14. Hersh A, Mahapatra S, Weber-Levine C, Awosika T, Theodore JN, Zakaria HM, Liu A, Witham TF, Theodore N. Augmented Reality in Spine Surgery: A Narrative Review. *HSS Journal.* 2021;17(3):351-8.
  15. Burström G, Persson O, Edström E, Elmi-Terander A. Augmented reality navigation in spine surgery: a systematic review. *Acta Neurochirurgica.* 2021 Mar;163(3):843-52.
  16. Gouveia PF, Costa J, Morgado P, Kates R, Pinto D, Mavioso C, Anacleto J, Martinho M, Lopes DS, Ferreira AR, Vavourakis V. Breast cancer surgery with augmented reality. *The Breast.* 2021; 1:56:14-7.
  17. Desselle MR, Brown RA, James AR, Midwinter MJ, Powell SK, Woodruff MA. Augmented and virtual reality in surgery. *Computing in Science Engineering.* 2020;11;22(3):18-26.
  18. Teatini A, Pérez de Frutos J, Eigl B, Pelanis E, Aghayan DL, Lai M, Kumar RP, Palomar R, Edwin B, Elle OJ. Influence of sampling accuracy on augmented reality for laparoscopic image-guided surgery. *Minimally invasive therapy & allied technologies.* 2021;2;30(4):229-38.
  19. Tori R, Wang GZ, Sallaberry LH, Tori AA, Oliveira EC, de AM Machado MA. Vida odonto: Ambiente de realidade virtual para treinamento odontológico. *Revista Brasileira de Informática na Educação.* 2018;23;26(02):80-101.
  20. Collaço E, Kira E, Sallaberry LH, Queiroz AC, Machado MA, Crivello Jr O, Tori R. Immersion and haptic feedback impacts on dental anesthesia technical skills virtual reality training. *Journal of Dental Education.* 2021 ;85(4):589-98.
  21. Souza-Junior VD, Mendes IA, Tori R, Marques LP, Mashuda FK, Hirano LA, Godoy SD. VIDA-Nursing v1. 0: immersive virtual reality in vacuum blood collection among adults. *Revista Latino-Americana de Enfermagem.* 2020;1;28.
  22. Uymaz P, Uymaz AO. Assessing acceptance of augmented reality in nursing education. *PloS one.* 2022;17;17(2).
  23. Tori R, Hounsell MS. *Introdução a realidade virtual e aumentada.* 3. ed. Porto Alegre: Editora SBC; 2020.
  24. Tori, R. *Educação sem distância: as tecnologias interativas na redução de distâncias em ensino*

- e aprendizagem. 3. ed. São Paulo: Artesanato Educacional; 2022.
25. Jerald J. The VR book: Human-centered design for virtual reality. Morgan & Claypool; 2015.
  26. Cruz-Neira C, Sandin DJ, DeFanti TA, Kenyon RV, Hart JC. The CAVE: audio visual experience automatic virtual environment. *Communications of the ACM*. 1992;35(6):64-73.
  27. Azuma R, Bailiot Y, Behringer R, Feiner S, Julier S, MacIntyre B. Recent advances in augmented reality. *IEEE computer graphics and applications*. 2001;21(6):34-47.
  28. Wienrich C, Döllinger N, Hein R. Behavioral framework of immersive technologies (behavfit): How and why virtual reality can support behavioral change processes. *Frontiers in Virtual Reality*. 2021;2:1-16.
  29. Fox J, Bailenson JN. Virtual self-modeling: The effects of vicarious reinforcement and identification on exercise behaviors. *Media Psychology*. 2009;12(1):1-25.
  30. Montana JI, Matamala-Gomez M, Maisto M, Mavrodiev PA, Cavalera CM, Diana B, Mantovani F, Realdon O. The benefits of emotion regulation interventions in virtual reality for the improvement of wellbeing in adults and older adults: a systematic review. *Journal of clinical medicine*. 2020;9(2):500.
  31. Oliveira BS, Tori R. Mídias imersivas no reforço e mudança comportamental: uma revisão sistemática. *Revista Brasileira de Informática na Educação*. 2021;29:1291-311.
  32. Oliveira EC, Bertrand P, Lesur ME, Palomo P, Demarzo M, Cebolla A, Baños R, Tori R. Virtual body swap: a new feasible tool to be explored in health and education. In: 2016 XVIII Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR) IEEE; 2016. 81-9.
  33. Lee MJ, Georgieva M, Alexander B, Craig E, Richter J. State of XR & Immersive Learning Outlook Report 2021. Immersive Learning Research Network, Walnut; 2021.
  34. Yeung AW, Tosevska A, Klager E, Eibensteiner F, Laxar D, Stoyanov J, Glisic M, Zeiner S, Kulnik ST, Crutzen R, Kimberger O. Virtual and augmented reality applications in medicine: analysis of the scientific literature. *Journal of medical Internet research*. 2021;23(2):e25499.
  35. Sallaberry L, Tori R, Nunes F. Avaliação automática de habilidades sensório-motoras em simulador odontológico. In: Anais Estendidos do XXII Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada. SBC; 2020 Nov 7. p. 5-6.
  36. Sallaberry LH, Tori R, Nunes FL. Comparison of machine learning algorithms for automatic assessment of performance in a virtual reality dental simulator. In Symposium on Virtual and Augmented Reality; 2021 Oct 18. p. 14-23.
  37. Ribeiro MA, Tori AA, Tori R, Nunes FL. Immersive game for dental anesthesia training with haptic feedback. In: ACM SIGGRAPH 2019 Posters; 2019 Jul 28. p. 1-2.
  38. Tori A, Tori R, Nunes F. Gamificação e imersão como elementos de engajamento para simuladores: uma proposta de aplicação em realidade virtual para a Odontologia. In: Anais Estendidos do XXII Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada. SBC; 2020 Nov 7. p. 9-10.
  39. COFEN - Conselho Federal de Enfermagem. Parecer Normativo nº 4/2012 [Internet]. [acesso em 13 mai 2022]. Disponível em: <http://www.cofen.gov.br/wp-content/uploads/2015/04/Parecer-Normativo-04-2012-PAD-374-12.pdf>
  40. Souza-Júnior VD. Simulação de realidade virtual imersiva no procedimento de punção venosa periférica para coleta de sangue a vácuo [tese]. Ribeirão Preto: Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo; 2018.