

Corpo-como-Interface: Explorando a Realidade Substitucional para o Treinamento em Saúde

Davi de Lacerda Teixeira^{1,2}, Liliane S. Machado^{1,2}

¹Departamento de Informática - Centro de Informática
Universidade Federal da Paraíba - Av. dos Escoteiros s/n - João Pessoa/PB - Brasil

²Laboratório de Tecnologias para o Ensino Virtual e Estatística (LabTEVE)
Universidade Federal da Paraíba - Cidade Universitária s/n - João Pessoa/PB - Brasil

davi.99teixeira@gmail.com, liliane@di.ufpb.br

Resumo. *Este trabalho investiga a viabilidade do uso do próprio corpo como interface tátil em simulações de Realidade Virtual voltadas ao treinamento em saúde. A proposta aborda o conceito de Realidade Substitucional, no qual um elemento físico real é utilizado como referência sensorial para a interação em um ambiente imersivo. Nesse contexto, o estudo propõe o uso da própria mão do usuário como guia tátil passivo para a representação de regiões anatômicas virtuais, eliminando a necessidade de dispositivos hápticos externos. Os resultados obtidos a partir de uma aplicação desenvolvida demonstraram a viabilidade técnica da abordagem para o treinamento médico. Observou-se também que a utilização da realidade substitucional com o próprio corpo permite aferir dados objetivos da interação, aspecto fundamental para aplicações de treinamento que envolvem a avaliação do desempenho do usuário.*

Palavras-Chave *realidade virtual, realidade substitucional, feedback háptico, treinamento em saúde.*

Abstract. *This work investigates the feasibility of using the human body itself as a tactile interface in Virtual Reality simulations aimed at healthcare training. The proposal addresses the concept of Substitutional Reality, in which a real physical element is used as a sensory reference for interaction within an immersive environment. In this context, the study proposes the use of the user's own hand as a passive tactile guide for the representation of virtual anatomical regions, eliminating the need for external haptic devices. The results obtained from a developed application demonstrated the technical feasibility of this approach for medical training. It was also observed that the use of substitutional reality with the user's own body allows the collection of objective interaction data, an essential aspect for training applications that involve the evaluation of user performance.*

Keywords *virtual reality, substitutional reality, haptic feedback, training in health.*

1. Introdução

A Realidade Virtual (RV) tem se consolidado como uma tecnologia promissora para o treinamento de profissionais da área da saúde. De acordo com Andrade et al. [2022] os

simuladores virtuais permitem interações com ambientes digitais que se aproximam das experiências do mundo real, possibilitando a redução de custos e a fácil replicação de uma ampla variedade de casos clínicos. Além disso, os simuladores em RV podem apresentar como vantagem a avaliação *online* imediata de tarefas [Moraes and Machado 2012].

Simulações em RV podem se utilizar de dispositivos hápticos para que o usuário seja capaz de perceber informação sensorial de toque (*feedback* háptico). De acordo com Machado [2007], esses dispositivos são capazes de simular sensações sentidas em procedimentos médicos, como a manipulação de ferramentas médicas. Entretanto, os dispositivos hápticos tradicionais costumam ter alto custo de aquisição e possuem *hardware* especializado, o que dificulta a sua aquisição em larga escala. Como alternativa acessível, a Realidade Substitucional (RS) pode ser utilizada para provocar sensações de tato por meio da associação de objetos virtuais com objetos do mundo real. Hoffman et al. [1998] mostram o potencial dessa abordagem na atribuição de características físicas a objetos virtuais, como textura e sensação de força.

Em seu estudo, Marichal et al. [2023] demonstraram a viabilidade do uso das mãos como objetos físicos para representar objetos virtuais. Neste trabalho, nós estendemos a discussão do uso do corpo como interface para a construção de simuladores acessíveis para o treinamento médico e apresentamos um experimento para demonstrar a viabilidade dessa abordagem.

2. O Corpo como Guia Tátil

Como abordagem para a obtenção de *feedback* háptico em simulações de RV, a Realidade Substitucional (RS) apresenta-se como um meio potencialmente mais acessível e flexível se comparada aos dispositivos hápticos tradicionais. De acordo com Simeone et al. [2015] a RS ocorre por meio da associação de objetos presentes no mundo real com objetos pertencentes no ambiente virtual, mesmo que os objetos sejam discrepantes entre si. Os objetos físicos que servem como guia para as interações são referidos como guias táteis. Esses guias são capazes de prover ao usuário sensações como toque, peso, textura, temperatura e resistência mecânica, explorando a prevalência da informação visual sobre o sentido do tato. Nesse contexto, a experiência háptica proporcionada pela RS não se restringe apenas a estímulos táteis, mas também envolve componentes cinestésicos, relacionados à percepção de força, posição e movimento durante a interação com os objetos físicos. O uso de objetos cotidianos ou especializados como guias táteis na RS é uma técnica que depende da compatibilidade entre os objetos físicos e virtuais [Simeone et al. 2015]. Essa compatibilidade tem sido foco de estudos diversos [Tinguy et al. 2019][Kobeisse and Holmquist 2022][Kahl and Krüger 2023].

Marichal et al. [2023] conduziram um experimento genérico para avaliar a viabilidade de usar mãos como guias táteis, sejam elas as do próprio usuário ou a de terceiros, considerando a variedade de poses que uma mão é capaz de assumir. Os participantes de tal experimento foram submetidos à realização de tarefas específicas e, posteriormente, responderam questões acerca de suas experiências com objetos virtuais mapeados sobre três tipos de guias táteis: um guia tátil de alta fidelidade (objeto real ou impresso em 3D), *Self-hand-as-a-prop* (mão do próprio usuário como guia tátil) e *External-hand-as-a-prop* (mão de outra pessoa como guia tátil). Como resultado, foi avaliado que o uso das mãos como guias táteis (seja a própria mão ou uma mão de

outra pessoa) apresentou um desempenho aceitável nas experiências dos usuários quando comparado com o uso de um guia tátil de alta fidelidade.

Mesmo diante da validação do uso das mãos como um guia tátil em RS, há necessidade de novos estudos acerca da abordagem de corpo-como-interface em simulações com contexto real. Nesse sentido, este trabalho aborda a expansão da técnica *Self-hand-as-a-prop* para um cenário médico a fim de verificar sua viabilidade como alternativa de baixo custo para a construção de simuladores educativos em saúde.

3. Desenvolvimento

3.1. Materiais e Métodos

A fim de estender o trabalho de Marichal et al. [2023] e validar o uso do corpo como guia tátil em simulações de contexto médico, nós desenvolvemos uma aplicação em RV capaz de retornar *feedback online* imediato das medidas de desempenho usuário em um procedimento de administração de medicamento por agulha com uso da realidade substitucional. A aplicação permite praticar a inserção em dois cenários distintos: inserção de agulha na região deltóide e inserção de agulha na região anterolateral da coxa.

Essa aplicação foi desenvolvida com a ferramenta de criação de jogos Unity (versão 2022.3.62f1) e com o SDK da Meta para a plataforma Quest. O *hardware* utilizado foi o Meta Quest 3, disponível durante a realização desse estudo. Esse dispositivo é autônomo (*standalone*) e possui suporte às interações manuais sem a necessidade de controladores físicos, características indispensáveis para se alcançar o propósito da simulação.

3.2. Resultados

A simulação em RV acontece em uma sala médica virtual, composta por uma mesa sobre a qual estão dispostos materiais médicos (não-interativos) e uma cadeira. O usuário se encontra à frente dessa cadeira e virado para a mesa, sem a possibilidade de sair do local. Sobre a mesa, há um painel que permite ao usuário escolher a região na qual será feita a aplicação do medicamento (inserção de agulha na região deltóide ou inserção de agulha na região anterolateral da coxa).

Durante o procedimento, as mãos do usuário são substituídas por representações virtuais, como na técnica *Self-hand-as-a-prop* de Marichal et al. [2023]. Assim, a mão direita do usuário é substituída por uma seringa com agulha ao ser realizado o gesto de apontar com o dedo indicador (fechamento da mão com o dedo indicador esticado). A extremidade do corpo da seringa foi alinhada com a ponta do dedo indicador com a direção longitudinal alinhada à mão. Já a mão esquerda do usuário funciona como guia tátil do corpo virtual a ser submetido à administração de um medicamento: a palma da mão é substituída pela extremidade da região deltóide ou a região do dorso é substituída pela extremidade da região anterolateral da coxa. Ambas regiões foram alinhadas paralelamente à palma ou dorso da mão.

Independente da região selecionada, o usuário tem como tarefa realizar a inserção da agulha em um ângulo entre 45° a 90° na parte anatômica correspondente, que deve ser alcançada no modelo virtual do corpo humano. Após a inserção, um painel acima da mesa fornece *feedback* imediato. Nesse painel, estão contidos: o ângulo de entrada

da agulha, uma indicação se o ângulo está dentro da faixa permitida e uma indicação se a região anatômica escolhida foi atingida. A captura desses dados se dá por meio de dois planos ocultos distintos: um plano para calcular a angulação e um plano para aferir se a agulha foi inserida na região correta. Para valores de referência, foi utilizado o trabalho de Macedo [2015], o qual propôs métricas para a avaliação do ângulo de inserção de agulha no procedimento de administração de medicamentos injetáveis.

A aplicação desenvolvida permitiu realizar a medição do ângulo de inserção para as regiões deltóide e anterolateral da coxa e retornar uma avaliação imediatamente após o procedimento. Observou-se que o uso da mão esquerda como um guia tátil para delimitar fisicamente as regiões deltóide e anterolateral da coxa foi capaz de prover *feedback háptico* coerente, como as sensações de contato físico, oposição física ao movimento, formato geométrico e temperatura, aproximando a experiência virtual daquela observada ao se interagir com o corpo humano.

As figuras 1 e 2 ilustram a configuração do sistema e o posicionamento adotado pelo usuário após a inserção da agulha nas regiões deltóide e anterolateral da coxa, respectivamente.

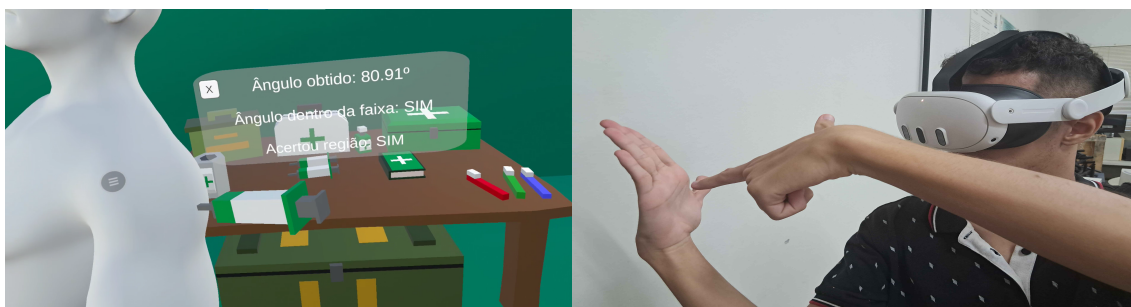


Figura 1. Inserção de agulha no deltóide em ambiente virtual e posicionamento do usuário.

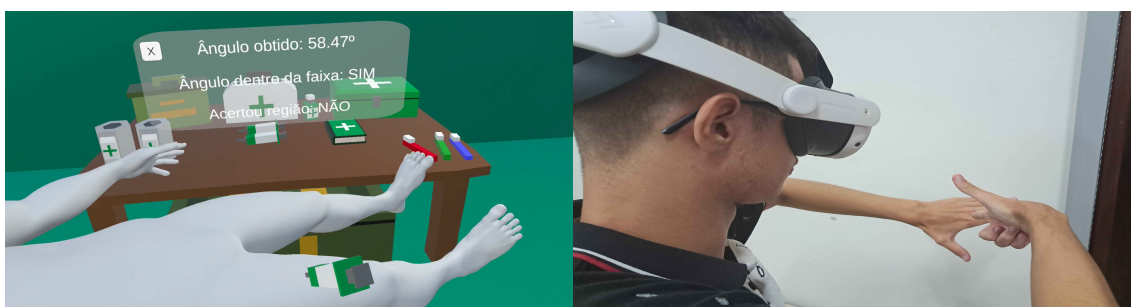


Figura 2. Inserção de agulha no anterolateral da coxa em ambiente virtual e posicionamento do usuário.

4. Discussão

O desenvolvimento dessa aplicação lidou em investigar a possibilidade de se usar as mãos do usuário como guias táteis em dois cenários de simulação em RV com contexto de treinamento médico. Paralelamente, o sistema foi projetado para ser capaz de prover *feedback online* imediato e contínuo de desempenho da tarefa, representado pelos:

ângulo obtido pelo usuário, aceitabilidade do ângulo e indicação de acerto na região selecionada.

Em comparação com o trabalho de Marichal et al. [2023], que investigou a viabilidade do uso das mãos como *proxies* hápticos, o presente estudo concentrou-se na validação dessa abordagem em um contexto médico específico. Observou-se que esta abordagem permite fornecer dados para a avaliação objetiva do desempenho. Como resultado, verificamos que a realidade substitucional foi capaz de prover feedback háptico passivo suficiente para o procedimento de aplicação de um medicamento injetável sem a necessidade do uso de algum objeto físico específico que pudesse ser projetado como guia tátil. Entretanto, a aplicação ainda não foi testada amplamente com potenciais usuários e os testes restringiram-se a testes em laboratório com a equipe de desenvolvimento.

Observou-se que a abordagem pode contribuir no aumento da acessibilidade, portabilidade e viabilidade prática de simulações em que o *feedback* háptico é importante. O corpo é capaz de reproduzir sensações como toque, retorno de força, temperatura, formato geométrico e textura. Esse potencial pode ser explorado como alternativa ao uso de objetos reais como guias táteis, enquanto se mantém um realismo perceptivo suficiente para simulações educativas ou avaliativas em RV. Entretanto, a abordagem possui uma limitação relacionada ao rastreamento óptico das mãos quando estas se encontram muito próximas entre si, ocasionando instabilidade na representação virtual e no posicionamento de objetos. A estratégia abordada no presente trabalho ainda requer validação empírica com profissionais da área da saúde, a fim de avaliar sua eficácia pedagógica em contextos de treinamento.

5. Conclusão

Esse artigo apresentou o desenvolvimento de um experimento em RS que estende a técnica *Self hand-as-a-prop* de Marichal et al. [2023], na qual as mãos são utilizadas como guias táteis, abordando uma aplicação com foco no treinamento em saúde. O experimento expande o debate acerca do uso de feedback háptico passivo de baixo custo por meio da realidade substitucional em simulações de treinamento médico em ambientes virtuais. O estudo demonstrou o potencial do corpo humano como um guia tátil para prover as percepções de toque, resistência mecânica e formato geométrico em uma simulação de um cenário real, bem como seu potencial em prover avaliação em tempo real das ações do usuário. Como continuidade da pesquisa, pretende-se incluir outras regiões anatômicas comumente usadas para a aplicação de medicamentos, assim como a implementação de técnicas de avaliação de desempenho do usuário a partir das variáveis que podem ser monitoradas. Posteriormente, a pesquisa será enviada para apreciação em Comitê de Ética em Pesquisa para sua avaliação por potenciais usuários.

6. Agradecimentos

Este trabalho recebeu suporte do CNPq, processo 315298/2018-9, e faz parte das pesquisas do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Medicina Assistida por Computação Científica (INCT-MACC), processo CNPq 408940/2024-7 .

Referências

- Andrade, R., Machado, L., Lopes, L., and Moraes, R. (2022). Virtual simulations for health education: how are user skills assessed? In *Revista Brasileira de Educação Médica*, page e130. DOI: 10.1590/1981-5271v46.4-20210389.
- Hoffman, H. G., Hollander, A., Schroder, K., et al. (1998). Physically touching and tasting virtual objects enhances the realism of virtual experiences. *Virtual Reality*, 3:226–234.
- Kahl, D. and Krüger, A. (2023). Using abstract tangible proxy objects for interaction in optical see-through augmented reality. ArXiv abs/2308.05836.
- Kobeisse, S. and Holmquist, L. (2022). "i can feel it in my hand": Exploring design opportunities for tangible interfaces to manipulate artefacts in ar. In *Proc. 21st Int. Conf. on Mobile and Ubiquitous Multimedia (MUM '22)*, pages 28–36. ACM.
- Macedo, E. (2015). Um simulador baseado em realidade virtual para o treinamento de estudantes na administração de medicamentos injetáveis. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Informática - Universidade Federal da Paraíba. <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/tede/9251/2/arquivototal.pdf>.
- Machado, L. S. (2007). Dispositivos hápticos para interfaces de realidade virtual e aumentada. In Kirner, C. and Siscoutto, R., editors, *Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações*, chapter 8, pages 152–167. Sociedade Brasileira de Computação. Book chapter (PDF).
- Marichal, S., Ezcurdia, I. n., Morales, R., Ortiz, A., Marzo, A., and Ardaiz, O. (2023). Hand-as-a-prop: using the hand as a haptic proxy for manipulation in virtual reality. *Virtual Real.*, 27(4):2911–2925.
- Moraes, R. and Machado, L. (2012). Online assessment in medical simulators based on virtual reality using fuzzy gaussian naive bayes. *Journal of Multiple-valued Logic and Soft Computing*, 18:479–492.
- Simeone, A. L., Velloso, E., and Gellersen, H. (2015). Substitutional reality: Using the physical environment to design virtual reality experiences. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '15*, page 3307–3316, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- Tinguy, X., Pacchierotti, C., Emily, M., Chevalier, M., Guignardat, A., et al. (2019). How different tangible and virtual objects can be while still feeling the same? In *Proc. IEEE World Haptic Conf.* IEEE.