

# Explorando objetos do dia a dia como guias táteis para simulação médica em realidade virtual

Deivison da Silva Costa<sup>1</sup>, Antonio Carlos Vieira Araújo<sup>1</sup>, Liliane S. Machado<sup>1</sup>

<sup>1</sup>LabTEVE / Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa/PB - Brasil

costadeivison007@gmail.com, toni.antoniocarlos2@gmail.com, liliane@di.ufpb.br

**Abstract.** *Virtual reality environments play an important role in the health education process, providing safe environments for professional practice. The tactile sensation and the forces associated with movements are fundamental factors for training medical procedures that involve psychomotor skills, such as surgeries, sutures and invasive examinations. In virtual reality systems, these sensations are provided by haptic devices, which offer limitations in cost and functionality. Aiming to propose an alternative to these devices, this study investigates the impact of tactile guides on interaction in virtual reality environments for medical training. In this work, was investigated how the weight, texture, shape and grip of conventional objects, used as tactile guides of a scalpel in a virtual reality environment, impacted the user experience. The results indicated that familiar and ergonomically balanced objects result in more comfort and immersion, while inadequate shapes compromise the experience.*

**Resumo.** *Os ambientes de realidade virtual desempenham um importante papel no processo educacional em saúde, provendo ambientes seguros para prática profissional. A sensação tátil e das forças associadas aos movimentos são fatores fundamentais para o treinamento de procedimentos médicos que envolvem habilidades psicomotoras, como cirurgias, suturas e exames invasivos. Nos sistemas de realidade virtual, estas sensações são providas por dispositivos hápticos, que oferecem limitações de custo e funcionalidade. Visando propor uma alternativa a esses dispositivos, este estudo investiga o impacto de guias táteis na interação em ambientes de realidade virtual para treinamento médico. No presente trabalho, foi investigado como o peso, a textura, o formato e a empunhadura de objetos convencionais, utilizados como guias táteis de um bisturi em um ambiente de realidade virtual, impactaram a experiência do usuário. Os resultados indicaram que objetos familiares e ergonomicamente equilibrados proporcionam maior conforto e imersão, enquanto formatos inadequados comprometem a experiência.*

## 1. Introdução

A manipulação de objetos em ambientes de Realidade Virtual (RV), descritos por Tori e Hounsell [Tori and Hounsell 2020] como "realidades diferentes, alternativas, criadas artificialmente, mas percebidas pelos nossos sistemas sensoriais da mesma forma que o mundo físico à nossa volta", está intrinsecamente ligada à área de Interação Humano-Computador (IHC), conforme destacado por Shermann e Craig

[Sherman and Craig 2019]. Nesse contexto, Bowman et al. [Bowman et al. 2004] definem técnicas de interação como métodos que permitem aos usuários executar tarefas por meio de interfaces, combinando componentes de *hardware* (dispositivos de entrada/saída) e *software*. O *software* atua como mediador, traduzindo as ações físicas do usuário em respostas do sistema e adaptando a saída virtual para interpretação pelos dispositivos, garantindo uma experiência interativa mais natural e eficiente.

As técnicas de interação que lidam com objetos em ambientes de Realidade Virtual (RV) visam três objetivos principais: desempenho, usabilidade e utilidade, ou seja: quanto bem as atividades estão sendo realizadas pelo usuário e pelo sistema (desempenho), considerando aspectos como eficiência, precisão e produtividade; quão intuitivas e fáceis de usar as interfaces são (usabilidade); e se a interação ajuda o usuário a atingir os seus objetivos (utilidade) [Kelner and Teichrieb 2007]. Nesse contexto, a busca por realismo é um pilar central nesse processo, mas deve considerar as necessidades da aplicação.

A propriocepção é uma das características que podem ser importantes para o realismo percebido pelo usuário no ambiente virtual. Ela refere-se à capacidade de perceber a posição e o movimento do próprio corpo sem depender da visão do mundo real. Essa sensação é essencial para a coordenação motora, a precisão dos movimentos e a resposta tátil dentro da realidade virtual. A propriocepção se torna ainda mais imersiva quando combinada ao sentido do tato, permitindo que os usuários sintam superfícies, texturas e vibrações, assim como fariam no mundo real. Nesse contexto, os dispositivos hápticos desempenham um papel fundamental, pois não apenas proporcionam resposta tátil, mas também simulam forças, vibrações e impactos, aumentando o realismo percebido [Weber et al. 2021] e a percepção das propriedades físicas dos objetos virtuais. Através desses dispositivos, os usuários podem experimentar interações mais naturais e realistas, aumentando a imersão do usuário no ambiente virtual.

Na área da saúde, como a Medicina, a RV permite oferecer ambientes de treinamento para estudantes e profissionais praticarem, de forma segura e repetitiva, procedimentos invasivos. Entretanto, os dispositivos hápticos comerciais necessários para estas simulações apresentam limitações quanto ao seu uso, particularmente quando a resposta de força é necessária: alto custo, necessidade de estarem atrelados a um computador (unidade de processamento externa), movimentação em um espaço limitado, intensidade da força de resposta, dentre outras. Por outro lado, os avanços tecnológicos em dispositivos e sistemas para a captura de objetos permitem que câmeras e sensores de baixo custo recebam informações do mundo real. A partir destas informações é possível processar e reconhecer objetos reais, que podem ser associados a objetos virtuais em ambientes de RV [Simeone et al. 2015]. Sendo assim, considerando as limitações dos dispositivos hápticos comerciais e os avanços tecnológicos para a captura e reconhecimento de objetos em sistemas computacionais, tem-se a seguinte pergunta: é possível utilizar objetos do dia a dia para simular instrumentos médicos em sistemas de realidade virtual? Para responder a esta pergunta, o presente trabalho investiga a viabilidade do uso de objetos do dia a dia como guias táteis em simulações médicas a partir de características como peso, textura, formato, sensação térmica e empunhadura. Portanto, buscou-se compreender como essas características influenciam a experiência dos usuários.

## 2. O toque no treinamento em RV para a saúde

O tato é o sentido que se estende por toda a superfície corporal, sendo mediado pela pele: o maior órgão do corpo humano. Representando entre 16% a 18% da massa corporal, a pele abriga uma complexa rede de receptores sensoriais responsáveis pela percepção de diferentes estímulos físicos. No entanto, apesar de sua ampla distribuição, a representação do tato no neocórtex, região cerebral responsável pelo processamento sensorial, é menor quando comparada à visão. Estudos indicam que apenas 11,5% do neocórtex responde à estimulação tátil, em contraste com 55% dedicados à visão [Gallace and Spence 2014]. Isso sugere que, embora o toque desempenhe um papel essencial na interação com o ambiente, sua predominância sensorial é menor em relação ao sistema visual. Entretanto, é a partir do toque que o ser humano interage diretamente com o mundo ao redor, experimentando, manipulando e realizando tarefas. Portanto, esta forma de interação é essencial para a realização de procedimentos na área da saúde.

A percepção do toque ocorre por meio de diferentes tipos de receptores sensoriais distribuídos na pele, cada um especializado em captar estímulos distintos. Na pele glabra (sem pelos), presente nas palmas das mãos e nos dedos, esses receptores desempenham um papel essencial na experiência tátil. Existem cinco principais tipos nessa região: terminações nervosas livres, corpúsculos de Meissner, discos de Merkel, corpúsculos de Pacini e corpúsculos de Ruffini [Burdea 1996]. As terminações nervosas livres são responsáveis por detectar a dor. Os corpúsculos de Meissner, que representam cerca de 40% dos receptores da mão, captam estímulos de movimento na superfície da pele e funcionam como detectores de velocidade. Os discos de Merkel possibilitam a percepção de pressão leve e vibração, contribuindo para a distinção de texturas. Os corpúsculos de Pacini, localizados mais profundamente na pele, respondem a toques suaves e vibrações intensas. Já os corpúsculos de Ruffini detectam pressão contínua, alongamento da pele e mudanças de temperatura [Burdea 1996].

Em ambientes de realidade virtual, a interação com toque é viabilizada por meio dos chamados proxies hápticos, dispositivos que atuam como intermediadores entre o usuário e o *feedback* do toque gerado no ambiente virtual. Esses dispositivos podem ser classificados em vestíveis e não vestíveis, de acordo com seu grau de portabilidade e aplicação. Os dispositivos vestíveis (como o Samsung Gear Live e o Apple Watch) apresentam a vantagem de serem confortáveis e de fácil utilização. No entanto, sua principal limitação reside no fato de que, na maioria dos casos, a resposta é restrita a vibrações, o que reduz a riqueza da experiência tátil [Tong et al. 2023]. Essa restrição impacta significativamente o treinamento de procedimentos em saúde, visto que, sem a riqueza de sensações táteis proporcionadas pelos dispositivos hápticos, aspectos fundamentais da experiência médica, como a sensação térmica ou a resistência da pele ao toque, não podem ser devidamente simulados. A ausência dessas informações impacta a qualidade da experiência do usuário, removendo elementos importantes para a tomada de decisão profissional, o que torna o treinamento menos realista e menos eficaz na preparação dos profissionais para situações do mundo real, particularmente quando procedimentos cirúrgicos ou invasivos são o foco do treinamento.

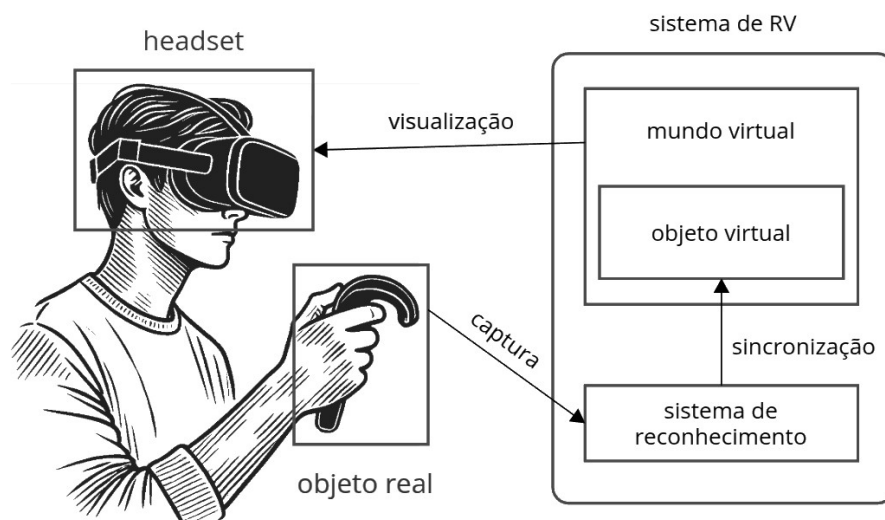
Por outro lado, dispositivos como as interfaces ancoradas oferecem uma gama mais ampla de forças, permitindo uma simulação mais detalhada e realista. Tecnologias como o CyberGrasp (exoesqueleto para as mãos) são capazes de redirecionar forças para

um ponto fixo, geralmente ancorado ao solo, garantindo maior fidelidade na interação háptica. No entanto, esses dispositivos apresentam desafios consideráveis em termos de peso, volume e custo elevado, tornando sua aplicação em ambientes de RV mais complexa e menos acessível para o uso cotidiano [Pacchierotti et al. 2017]. Tais desafios dificultam sua adoção no treinamento médico em ambientes acadêmicos. Como consequência, a aquisição de habilidades psicomotoras fica atrelada à prática clínica real, reduzindo as oportunidades de aprendizado seguro e controlado antes da exposição ao paciente.

## **2.1. Novas abordagens para simular o toque em ambientes virtuais**

Diferentes abordagens para interação háptica, como alternativa aos dispositivos hápticos, vêm sendo exploradas para aprimorar a interação em ambientes virtuais. Cheng et al. [Cheng et al. 2017] propuseram o uso de primitivas geométricas para simular *feedback* háptico em cenários complexos de realidade virtual. Ao invés de replicar fisicamente todo o ambiente virtual, essa abordagem redireciona a mão virtual do usuário para um objeto físico específico, utilizando rastreamento ocular e movimentos manuais. Embora o estudo tenha mostrado boa aceitação para desvios de até 40° e preferência por trajetórias mais curtas, essa técnica possui limitações importantes: o usuário só pode tocar o objeto real, mas não pegá-lo. Em outro estudo, Cheng et al. [Cheng et al. 2018] exploraram o uso de hápticos passivos, mostrando que, mesmo sem o uso de atuadores, é possível criar interações dinâmicas e realistas em realidade virtual. O sistema desses autores propunha que o próprio usuário reconfigurasse os objetos físicos, permitindo que um único objeto dobrável representasse diferentes elementos, como uma mala, um armário de fusíveis, um corrimão e um assento. O estudo indicou que essa abordagem oferece uma experiência mais envolvente e realista em comparação a cenários sem *feedback* háptico, mas exigiu o uso de rastreadores nos objetos, controladores nas mãos e uma mochila com um computador nas costas para executar a aplicação. Essa infraestrutura torna a experiência mais complexa e menos prática, limitando a mobilidade do usuário e aumentando os requisitos técnicos para a simulação. De fato, cada nova abordagem visa solucionar problemas relacionados ao uso dos dispositivos hápticos em aplicações específicas nas quais o sentido do toque é necessário. O estudo de Yang et al. [Yang et al. 2020] propôs um sistema de RV imersiva de baixo custo para o treinamento de ressuscitação cardiopulmonar (RCP). Para isso, os autores utilizam um smartphone em um *headset* e uma almofada equipada com um sensor de pressão Arduino para reconhecer e avaliar a força aplicada durante as compressões de ressuscitação. Embora não exista resposta tátil gerada por um sistema computacional, o uso da almofada permite oferecer o realismo háptico da simulação, suficiente para o procedimento, sendo o sensor Arduino responsável por capturar a pressão exercida pelo usuário sobre o corpo virtual apresentado ao usuário.

Considerando a forma, o tamanho, peso e outras características que podem ser necessárias para simulações com resposta de toque em ambientes de RV, Simeone et al. [Simeone et al. 2015] introduziram a proposta de uso de objetos reais como guias táteis para estas simulações. Nesta proposta, objetos reais seriam reconhecidos por meio de sensores e substituídos graficamente por um similar virtual (Figura 1). Esta proposição resolveria boa parte dos problemas relacionados à sensação de toque, mas traz desafios relacionados à similaridade dos objetos reais em relação aos virtuais, ao reconhecimento do seu posicionamento, ao rastreamento com oclusão parcial e à inserção destes objetos em diferentes contextos de uma simulação. Hettiarachchi e Wigdor



**Figura 1. Esquema de uso de guia tátil em um sistema de realidade virtual**

[Hettiarachchi and Wigdor 2016] apresentaram um método dinâmico de escaneamento de objetos físicos como guias táteis que, através de sensores de profundidade e reconhecimento de padrões, escolhe objetos virtuais dentro de um catálogo pré-definido para substituir os objetos reais baseado na similaridade entre os formatos e tamanhos dos referidos objetos. Já Kobeisse e Holmquist [Kobeisse and Holmquist 2022] investigaram diferentes métodos de interação a partir de quatro interfaces distintas: uma tela 3D sensível ao toque, um marcador de realidade aumentada plano, um cilindro de madeira genérico e uma réplica impressa em 3D do artefato digital. Os resultados mostraram que a réplica impressa em 3D proporcionou uma interação mais realista, mas o uso de um objeto genérico, como o cilindro, ofereceu uma experiência mais imersiva em comparação com as interfaces restantes. O estudo concluiu que, em situações onde réplicas de alta fidelidade não são viáveis, o uso de guias táteis representa uma alternativa prática e econômica para explorar diferentes artefatos em ambientes virtuais.

No contexto da simulação médica, o trabalho de Hanzaki e Boulanger [Hanzaki and Boulanger 2020] propôs a utilização de um dispositivo háptico para a simulação de uma seringa em um ambiente virtual. A avaliação realizada com os usuários demonstrou um bom grau de aceitação da tecnologia, evidenciando o potencial dos dispositivos hápticos para a formação médica. No entanto, os resultados indicam que a experiência poderia ser ainda mais precisa caso o formato do objeto virtual estivesse melhor alinhado ao objeto físico utilizado nos testes, como apontado por Kwon et al., Simeone et al. e Tinguy et al. [Kwon et al. 2009, Simeone et al. 2015, Tinguy et al. 2019].

Diante das abordagens apresentadas na literatura, observa-se que a utilização de dispositivos hápticos em RV contribui para uma experiência mais imersiva e realista, sendo amplamente aplicada em simulações médicas. No entanto, os estudos revisados indicam que a complexidade, o custo elevado e a necessidade de *hardware* especializado limitam a adoção de dispositivos hápticos em contextos educacionais. Como alternativa, pesquisas sugerem o uso de guias táteis para simular sensações táteis de maneira mais acessível e eficaz. Com base nessas observações, o presente estudo investiga a viabilidade do uso de objetos do dia a dia como guias táteis em simulações médicas baseadas

em RV, avaliando como características como peso, textura, formato, sensação térmica e empunhadura influenciam a percepção de presença e imersão dos usuários. Dessa forma, buscamos preencher a lacuna existente entre as soluções hápticas de alta fidelidade e abordagens mais acessíveis, contribuindo para o aprimoramento de simulações em RV para o treinamento médico de procedimentos onde a destreza manual e o toque são essenciais para a capacitação profissional.

### 3. Metodologia do Experimento

O presente estudo trata-se de uma pesquisa exploratória com abordagem quantitativa, visando analisar a utilização de guias táteis em ambientes virtuais e sua contribuição para aprimorar a experiência e a imersão em simulações médicas de realidade virtual. Para tanto, foi realizado um experimento com usuários para investigar o impacto do uso de objetos do dia a dia como guias táteis em ambientes virtuais; o qual foi devidamente avaliado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde (CEP-CCS) da Universidade Federal da Paraíba, sob o número 82243724.7.0000.5188. O objetivo foi analisar como diferentes propriedades de objetos, como peso, sensação térmica, textura, formato e empunhadura, influenciam a experiência do usuário em realidade virtual. O experimento foi previsto para ter uma duração média de 20 minutos.

O estudo foi dividido em duas etapas. A primeira consiste no uso do ambiente virtual, seguido do preenchimento de um questionário estruturado em três partes.

Inicialmente, o participante é convidado a sentar-se em uma cadeira, posicionada em frente a uma mesa onde os objetos físicos utilizados no experimento permanecem cobertos. Em seguida, o usuário deve colocar um Head-Mounted Display (HMD), no caso, o Meta Quest 2. Apenas após a colocação dos óculos, os objetos são descobertos pelo pesquisador e o participante deve realizar a tarefa. Devido às limitações técnicas do hardware — que não permite acesso às câmeras ou sensores para rastreamento automatizado —, os pesquisadores posicionavam manualmente cada objeto físico no local correspondente à sua representação virtual no ambiente. Assim, ao interagir com um bisturi virtual, o participante simultaneamente manipulava seu equivalente físico na mesa, garantindo correspondência espacial entre os dois elementos. No ambiente virtual, o usuário deve interagir com quatro bisturis virtuais, nomeados de A a D. Cada bisturi virtual possui uma contraparte física distinta, representada pelos seguintes objetos reais:

- **Bisturi A:** Lápis grafite com corpo de madeira.
- **Bisturi B:** Régua de 20 centímetros de comprimento.
- **Bisturi C:** Seringa pequena de plástico.
- **Bisturi D:** Bisturi sem lâmina com corpo de metal.



**Figura 2.** Na imagem, o cenário virtual aparece à esquerda e o cenário real à direita.

Com cada um dos bisturis, o participante deve realizar um corte em uma zona cirúrgica, representada por uma esfera laranja no ambiente virtual. Concluída esta tarefa, os objetos reais são removidos da mesa, o participante remove os óculos e é convidado a responder um questionário, abordando sua experiência com a simulação e suas percepções sobre os diferentes guias táteis utilizados.

Na primeira parte do questionário, o participante avalia se sentiu desconforto em relação às diferentes características de cada um dos bisturis, incluindo peso, formato, sensação térmica, textura e empunhadura. Na segunda parte, o participante responde a afirmações utilizando uma escala de 1 a 6, onde 1 representa "Discordo Totalmente" e 6 representa "Concordo Totalmente". As afirmações são as seguintes:

- "Eu gostaria de realizar um treinamento em um ambiente de realidade virtual que utilizasse este tipo de abordagem para a manipulação de instrumentos cirúrgicos."
- "Eu me sentiria motivado para realizar um treinamento em um ambiente de realidade virtual que utilizasse este tipo de abordagem para a manipulação de instrumentos cirúrgicos."

A última parte do questionário trata da experiência geral do participante com a simulação com cada bisturi e um espaço para opinar livremente sobre a experiência.

#### **4. Resultados**

O estudo contou com doze participantes, sendo oito estudantes e quatro professores, todos vinculados à UFPB, com idades variando de 19 a 52 anos. Por se tratar de um estudo inicial, a amostra não foi composta exclusivamente por estudantes ou professores de medicina. Assim, dentre os 12 participantes, 3 eram das áreas de Medicina ou Enfermagem.

Nesta seção, utilizamos a nomenclatura apresentada na Figura 2, onde cada bisturi virtual é representado por uma letra. Como os participantes puderam selecionar mais de um bisturi por critério de avaliação, optamos por apresentar os resultados utilizando a métrica da razão entre a quantidade de votos recebidos e o total de votos multiplicado por 100, tendo a porcentagem de votantes na categoria.

#### 4.1. Avaliação do Desconforto Tátil

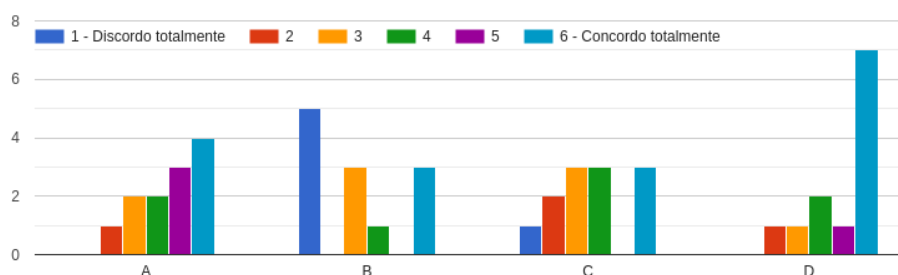
A primeira parte do questionário avaliou os aspectos táteis dos objetos utilizados como guias hápticos. Em relação ao peso, apenas os bisturis B e C (régua e seringa, respectivamente) foram mencionados como desconfortáveis, cada um recebendo 8,3% dos votos. No quesito formato, o bisturi B foi avaliado como desconfortável por 75% dos participantes, enquanto o bisturi C recebeu 50%. Já os bisturis A e D obtiveram 8,3% cada. Quanto à sensação térmica, o bisturi B foi citado como desconfortável por 25% dos participantes, ao passo que os bisturis A e C foram citados por 8,3% cada. Em relação à textura, tanto o bisturi B quanto o C receberam 25% dos votos nesse critério, enquanto o bisturi A recebeu 8,3%. Por fim, no quesito empunhadura, o bisturi C foi considerado desconfortável por 58,3% dos participantes, o bisturi B por 50%, o bisturi D por 16,7% e o bisturi A por 8,3%. Por outro lado, o bisturi A (lápiz) não recebeu votos na categoria peso. O bisturi D (bisturi sem lâmina) foi mencionado apenas nas categorias formato e empunhadura, não sendo citado nos demais critérios.

#### 4.2. Experiência com os guias táteis

Quanto à experiência com os guias táteis, os participantes avaliaram a seguinte afirmação:

*“Eu gostaria de realizar um treinamento em um ambiente de realidade virtual que utilizasse este tipo de abordagem para a manipulação de instrumentos cirúrgicos.”*

A análise dos dados, apresentados graficamente na Figura 3, mostra que o bisturi D (bisturi sem lâmina) obteve uma mediana de 6 pontos na escala de avaliação, enquanto o bisturi A (lápiz) registrou 5 pontos. O bisturi C (seringa) alcançou 3,5 pontos e o bisturi B (régua) teve uma mediana de 3 pontos.



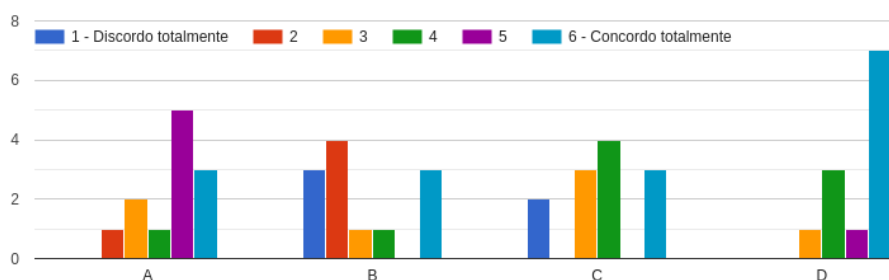
**Figura 3. Distribuição das respostas dos participantes quanto ao desejo de realizar o treinamento com a abordagem experimentalizada.**

A segunda afirmação avaliada pelos participantes foi:

*“Eu me sentiria motivado para realizar um treinamento em um ambiente de realidade virtual que utilizasse este tipo de abordagem para a manipulação de instrumentos cirúrgicos.”*

A análise dos dados, apresentados na Figura 4, mostra que o bisturi D teve a maior mediana, com 6 pontos, seguido pelo bisturi A, com 5 pontos. O bisturi B apresentou a menor mediana, 2 pontos, enquanto o bisturi C registrou 4 pontos.

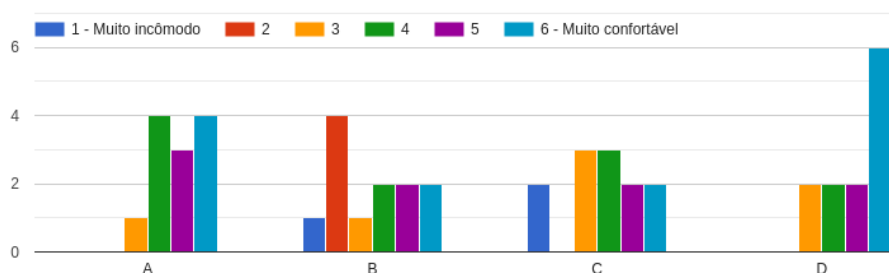




**Figura 4. Distribuição das respostas dos participantes quanto à motivação em realizar o treinamento com a abordagem experimentalada.**

### 4.3. Experiência geral com cada bisturi

Na última parte do questionário, os participantes avaliaram a experiência individual com cada bisturi em uma escala de 1 a 6, considerando o nível de conforto durante a simulação. Os resultados estão representados na Figura 5.



**Figura 5. Distribuição das respostas dos participantes quanto ao conforto com cada bisturi virtual**

A análise dos dados revela que o bisturi D (bisturi sem lâmina) obteve a maior mediana de conforto, com 5,5 pontos, seguido pelo bisturi A (lápis), com 5 pontos. Em contrapartida, os bisturis B (régua) e C (seringa) registraram as menores medianas de conforto, 3,5 e 4 pontos, respectivamente.

Os comentários destacaram críticas específicas aos bisturis B (régua) e C (seringa), enquanto elogiaram aspectos dos modelos A (lápis) e D (bisturi sem lâmina). Usuários relataram que os bisturis B e C geraram desconforto devido à desconexão tátil percebida quanto ao formato do objeto em relação à imagem visualizada (Usuário 1) e que havia rigidez excessiva do bisturi C (Usuário 8). Também foi relatada desconexão quanto à textura percebida (Usuário 3), formato estranho ou difícil de segurar (Usuário 5). Em contraste, os modelos A (lápis) e D (bisturi sem lâmina) foram destacados por sua semelhança de corte e ergonomia (Usuário 4). Dois usuários reclamaram do bisturi D para a realização do corte. Um dos usuários (Usuário 6) apontou que a pegada do objeto é um fator crucial para o conforto na manipulação, o que coincide com o objetivo deste estudo.

## 5. Discussão

A análise dos dados revelou padrões significativos que dialogam com os princípios do tato em RV para saúde discutidos na literatura. Na avaliação do desconforto tátil (Seção 4.1),

os bisturis B (régua) e C (seringa) apresentaram altos índices de desconforto no formato (75% e 50%, respectivamente) e empunhadura (50% e 58,3%), corroborando estudos que destacam a importância da congruência entre objetos físicos e virtuais para evitar dissonâncias táteis [Simeone et al. 2015, Kwon et al. 2009]. Esses resultados alinham-se às observações de Hettiarachchi e Wigdor [Hettiarachchi and Wigdor 2016], que enfatizam a necessidade de similaridade geométrica entre guias táteis e seus equivalentes virtuais. Nesse sentido, Tinguy et al. [Tinguy et al. 2019] estabeleceram parâmetros quantitativos para a divergência aceitável entre um guia tátil e um objeto virtual. Em seu estudo, os autores identificaram que a discrepância pode atingir até  $\pm 5,75\%$  no tamanho original do objeto sem que os usuários percebam incoerências táteis. Em contraste, os bisturis A (lápis) e D (bisturi sem lâmina) foram considerados confortáveis, com ausência de críticas ao peso e textura, reforçando a premissa de que objetos familiares e ergonomicamente equilibrados favorecem a imersão, como proposto por Kobeisse et al. [Kobeisse and Holmquist 2022].

Na experiência com os guias táteis (Seção 4.2), a superioridade dos bisturis A e D em interesse e motivação (ambas as medianas de 5,00 e 6,00 pontos, respectivamente) para treinamento reflete a influência da similaridade e do realismo tátil. Neste caso, embora o lápis (bisturi A) não seja um instrumento cirúrgico, sua ergonomia pareceu intuitiva aos usuários, corroborando a proposta de Simeone et al. [Simeone et al. 2015] sobre a eficácia de objetos cotidianos como guias táteis. Já o bisturi sem lâmina (bisturi D), este aproximou-se das expectativas táteis de um instrumento cirúrgico, ecoando os achados de Hanzaki e Boulanger [Hanzaki and Boulanger 2020] sobre a importância do alinhamento forma-função em simulações médicas. Esses achados sugerem que a escolha dos guias táteis em simulações médicas deve priorizar objetos que ofereçam conforto e estabilidade para evitar uma experiência frustrante.

A experiência geral (Seção 4.3) reforçou essa dicotomia: enquanto A e D atingiram medianas de conforto superiores a 5,00 pontos, B e C foram rejeitados (3,5 e 4 pontos, respectivamente). Esses resultados são consistentes com estudos que associam a baixa aceitação de guias táteis à discrepância entre expectativa e realidade tátil [Tinguy et al. 2019], especialmente em procedimentos que exigem precisão manual. Os comentários sobre os bisturis B e C convergiram em destacar a discrepância entre o objeto virtual e a contraparte real, além de apontarem o formato estranho ou pouco ergonômico, o que dificultou o manuseio. Para os bisturis A e D, destacou-se a ergonomia. No entanto, dois usuários (8, 10) relataram dificuldade em manusear o bisturi D, o que pode estar relacionado à limitação deste estudo quanto à impossibilidade de rastrear os objetos (restrições do hardware utilizado) e a ausência da lâmina (removida por segurança).

## **6. Conclusão**

Embora trabalhos anteriores já tenham tratado de questões relativas ao uso de objetos do dia a dia para simulações em realidade virtual, não foram observados estudos específicos para a área de simulação em saúde, particularmente para o treinamento médico. Sendo assim, este estudo investigou a viabilidade de utilizar objetos do dia a dia como guias táteis para simular instrumentos cirúrgicos em ambientes de realidade virtual, focando em características como peso, formato, textura e empunhadura.

Os resultados sugerem que é possível empregar objetos cotidianos como substi-

tutos hápticos em simulações médicas, desde que estes apresentem similaridade física com o instrumento virtual representado. Os achados corroboram com estudos prévios ao indicar que a similaridade geométrica e funcional entre guias táteis e instrumentos virtuais é fundamental para o sucesso da simulação [Simeone et al. 2015, Kwon et al. 2009, Hettiarachchi and Wigdor 2016]. Considerando os avanços tecnológicos para a captura de objetos em sistemas computacionais e como esses avanços permitem processar e reconhecer objetos reais, associar esses objetos reais a objetos virtuais em ambientes de realidade virtual pode ser uma alternativa para evitar as limitações dos dispositivos hápticos comerciais.

Este estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas para futuras pesquisas. A principal limitação está no número reduzido de participantes, uma vez que a amostra contou com apenas doze indivíduos, restringindo a generalização dos resultados para um público mais amplo. Além disso, a falta de experiência cirúrgica especializada entre os participantes pode ter influenciado a percepção de realismo, visto que a maioria não possuía familiaridade prática com bisturis reais. Outra limitação é o número restrito de objetos testados, já que apenas quatro materiais diferentes foram avaliados. Estudos futuros podem explorar uma variedade maior de objetos para obter uma referência mais ampla sobre o impacto das características táteis na imersão e na experiência do usuário. Também foi observada uma limitação relacionada ao *hardware* utilizado, que não permite acesso às suas câmeras e sensores. Isso restringiu as possibilidades de rastreamento dos objetos físicos no ambiente virtual, tornando necessário que o usuário pegasse manualmente tanto o bisturi virtual quanto o guia tátil correspondente. Essa dependência manual impactou a experiência do usuário.

Para trabalhos futuros, pretende-se ampliar a amostra, com ênfase em profissionais da área médica, que representam o público-alvo deste estudo. Da mesma forma, pretende-se explorar novos materiais, testando variações nos aspectos que abrangem as percepções táteis.

## 7. Agradecimentos

Este trabalho recebeu suporte do CNPq, processos 315298/2018-9 e 465586/2014-4 (INCT-MACC), e PIBIC-UFPB.

## Referências

- Bowman, D., Kruijff, E., LaViola, J. J., and Poupyrev, I. (2004). *3D User Interfaces*. Addison-Wesley.
- Burdea, G. C. (1996). *Force and touch feedback for virtual reality*. John Wiley & Sons, Inc., USA.
- Cheng, L.-P., Chang, L., Marwecki, S., and Baudisch, P. (2018). Iturk: Turning passive haptics into active haptics by making users reconfigure props in virtual reality. In *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '18)*, pages 1–10.
- Cheng, L.-P., Ofek, E., Holz, C., Benko, H., and Wilson, A. D. (2017). Sparse haptic proxy: Touch feedback in virtual environments using a general passive prop. In *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '17)*, pages 3718–3728.

- Gallace, A. and Spence, C. (2014). *Gallace, A., & Spence, C. (2014). In touch with the future: The sense of touch from cognitive neuroscience to virtual reality. Oxford: Oxford University Press.*
- Hanzaki, M. R. and Boulanger, P. (2020). Proxy haptics for surgical training. In *2020 22nd Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR)*, pages 134–143, Porto de Galinhas, Brazil.
- Hettiarachchi, A. and Wigdor, D. (2016). Annexing reality: Enabling opportunistic use of everyday objects as tangible proxies in augmented reality. In *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '16, pages 1957–1967, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- Kelner, J. and Teichrieb, V. (2007). *Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações*. Sociedade Brasileira de Computação.
- Kobeisse, S. and Holmquist, L. (2022). “i can feel it in my hand”: Exploring design opportunities for tangible interfaces to manipulate artefacts in ar. pages 28–36.
- Kwon, E., Kim, G. J., and Lee, S. (2009). Effects of sizes and shapes of props in tangible augmented reality. In *2009 8th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, pages 201–202, Orlando, FL, USA.
- Pacchierotti, C., Sinclair, S., Solazzi, M., Frisoli, A., Hayward, V., and Prattichizzo, D. (2017). Wearable haptic systems for the fingertip and the hand: Taxonomy, review, and perspectives. *IEEE Transactions on Haptics*, 10(4):580–600.
- Sherman, W. R. and Craig, A. B. (2019). *Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design*. Morgan Kaufmann Publishers, Cambridge, USA, 2 edition.
- 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)*, pages 3307–3316.
- Tinguy, X. d. et al. (2019). How different tangible and virtual objects can be while still feeling the same? In *2019 IEEE World Haptics Conference (WHC)*, pages 580–585, Tokyo, Japan.
- Tong, Q., Wei, W., Zhang, Y., Xiao, J., and Wang, D. (2023). Survey on hand-based haptic interaction for virtual reality. *IEEE Transactions on Haptics*, 16(2):154–170.
- Tori, R. and Hounsell, M. d. S. (2020). *Introdução a Realidade Virtual e Aumentada*. Sociedade Brasileira de Computação.
- Weber, S., Weibel, D., and Mast, F. W. (2021). How to get there when you are there already? defining presence in virtual reality and the importance of perceived realism. *Frontiers in Psychology*, 12.
- Yang, C.-H., Liu, S.-F., Lin, C.-Y., et al. (2020). Immersive virtual reality-based cardiopulmonary resuscitation interactive learning support system. *IEEE Access*, 8:120870–120880.