

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**FACULDADE DE MEDICINA**

**SERGIO GELBVAKS**

**Avaliação de usabilidade de um *software* de realidade virtual para ensino  
do manuseio da bomba de infusão alvo controlada Terofusion em  
anestesiologia**

São Paulo

2023



**SERGIO GELBVAKS**

**Avaliação de usabilidade de um *software* de realidade virtual para ensino  
do manuseio da bomba de infusão alvo controlada Terofusion em  
anestesiologia**

**Versão Original**

Dissertação apresentada à Faculdade de  
Medicina da Universidade de São Paulo para  
obtenção do título de Mestre Profissional em  
Inovação Tecnológica e Processos Assistenciais  
Perioperatórios

Área de Concentração: Inovação e Medicina  
Perioperatória

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Luís Abramides  
Torres

São Paulo

2023

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Preparada pela Biblioteca da  
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Gelbvaks, Sergio

Avaliação de usabilidade de um software de realidade virtual para ensino do manuseio da bomba de infusão alvo controlada Terofusion em anestesiologia / Sergio Gelbvaks. -- São Paulo, 2023.

Dissertação (mestrado profissional)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

Programa de Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica e Processos Assistenciais Perioperatórios. Área de concentração: Inovação e Medicina Perioperatória Orientador: Marcelo Luís Abramides Torres.

Descritores: 1.Realidade virtual 2.Software 3.Ensino 4.Anestesiologia 5.Equipamentos e provisões 6.Bombas de infusão.

USP/FM/DBD-332/23

Responsável: Erialva da Conceição Batista, CRB-8 6755

## AGRADECIMENTOS

Esta Dissertação é a realização de um sonho, muitas vezes, adiado por conta de compromissos e outras obrigações. Foi preciso esperar atingir uma fase mais madura de minha vida para conseguir transformá-lo em realidade. Mas aqui estamos...

Agradeço ao meu orientador, Prof. Marcelo A. Torres, pela oportunidade para a realização deste trabalho na disciplina de Inovações Tecnológicas em Processos Perioperatórios na FMUSP e pelo apoio prestado ao longo dessa jornada.

A todos os professores, assistentes administrativos e colegas que me apoiaram nesse caminho, tirando dúvidas e dando sugestões.

Ao meu amigo Vinicius Valuskas Gusmão, CEO da Medroom e sua equipe, por colaborar na criação do *software* de realidade virtual utilizado como objeto desta tese.

À Dra. Rosana Decotelli e Danielle Frasso Bastos, pelo imenso apoio no projeto de desenvolvimento do *software* e nos testes de validação.

À Tuany, por sua colaboração nas análises estatísticas imprescindíveis.

A todos os colegas anesthesiologistas que se propuseram a participar da experiência de usabilidade doando seu precioso tempo.

A minha família, que sempre esteve ao meu lado, procurando dar o suporte e a tranquilidade necessários para realizar este projeto.

*“Não existem sonhos impossíveis para aqueles que realmente acreditam que o poder realizador reside no interior de cada ser humano. Sempre que alguém descobre esse poder, algo antes considerado impossível se torna realidade”.*

**Albert Einstein**

## NORMALIZAÇÃO ADOTADA

Esta Dissertação está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação:

Referências: adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors* (Vancouver).

Universidade de São Paulo. *Diretrizes para apresentação de dissertações e teses da USP: parte IV (Vancouver) / Sistema Integrado de Bibliotecas da USP*; Vânia Martins Bueno de Oliveira Funaro, coordenadora; Maria Claudia Pestana; Maria Cristina Cavarette Dziabas; Eliana Maria Garcia; Maria Fatima dos Santos, Maria Marta Nascimento; Suely Campos Cardoso. 3a ed. ed. amp. mod. São Paulo: SIBI/USP. 2016. (Caderno de estudos).

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.

## RESUMO

Gelbvaks S. Avaliação de usabilidade de um *software* de realidade virtual para ensino do manuseio da bomba de infusão alvo controlada Terofusion em anestesiologia.

Quando uma anestesia geral é feita unicamente pela administração de drogas por via venosa, esta técnica é chamada de Anestesia Venosa Total (AVT). A AVT envolve, geralmente, a utilização de um dispositivo mecânico para a infusão de fármacos anestésicos, de forma contínua, automática e controlada durante o ato anestésico-cirúrgico. O conhecimento sobre a técnica de AVT abrange os princípios farmacocinéticos e farmacodinâmicos relacionados aos medicamentos comumente utilizados; a usabilidade dos dispositivos para infusão contínua (incluindo a infusão alvo-controlada); além de compreender os parâmetros observados na monitorização hemodinâmica, respiratória e da consciência intraoperatória. Apesar da introdução das bombas de infusão automática ou inteligentes (as *smart pumps*), a incidência de erros relacionados ao uso incorreto desses dispositivos é ainda significativamente elevada, colocando em risco a saúde de pacientes. O treinamento de anestesiológicos no uso dessas bombas de infusão é errático, não contextualizado e dependente do custo de oportunidade. Disponibilidade de tempo e dificuldades logísticas, além do alto custo, são barreiras para o uso mais disseminado e seguro da técnica de AVT nos serviços de Anestesiologia no Brasil. O projeto propõe a validação de usabilidade de um *software* de realidade virtual no ensino e treinamento de uma bomba de infusão alvo-controlada durante a anestesia venosa total (AVT). Discute-se o potencial da nova tecnologia e sua aplicabilidade como metodologia de ensino no uso de dispositivos médicos complexos.

**Palavras-chave:** Realidade virtual, *Software*, Ensino, Anestesiologia, Equipamentos médicos, Bombas de infusão.

## SUMMARY

Gelbvaks S. Usability evaluation of a virtual reality software for teaching the handling of the Terofusion target controlled infusion pump in anesthesiology.

When a general anesthesia is performed by administering intravenous drugs, this technique is called Total Intravenous Anesthesia (TIVA). TIVA generally involves the use of a mechanical device for the infusion of anesthetic drugs in a continuous, automatic and controlled manner during the anesthetic-surgical procedure. Knowledge about the TIVA technique covers the pharmacokinetics and pharmacodynamic principles related to commonly used drugs; usability of devices for continuous infusion (including target-controlled infusion), in addition to understand the parameters observed in hemodynamic, respiratory and intraoperative awareness monitoring. Despite the introduction of automatic or intelligent infusion pumps (*smart pumps*), the incidence of errors related to the incorrect use of these devices is still significantly high, putting the health of patients at risk. The training of anesthesiologists in the use of these infusion pumps is erratic, not contextualized and dependent on the opportunity cost. Availability of time, logistical difficulties, in addition to the high cost are barriers to a more widespread and safe use of the TIVA technique in anesthesiology services in Brazil. The project proposes the usability validation of a virtual reality *software* in the teaching and training of a controlled target infusion pump during total intravenous anesthesia (TIVA). The potential of the new technology and its application as a teaching methodology in the use of complex medical devices are discussed.

**Keywords:** Virtual reality, *Software*, Teaching, Anesthesiology, Medical devices, Infusion pumps.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> -	<i>Diagram of Reason's Error Classification hierarchy</i> .....	18
<b>Figura 2</b> -	Processo de desenvolvimento do co-design.....	35
<b>Figura 3</b> -	Realidade virtual .....	38
<b>Figura 4</b> -	Equipamento e procedimento .....	38

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> -	Identificação de tipos de erros associados com o uso de bombas de infusão inteligentes ( <i>smart pumps</i> ).....	19
<b>Tabela 2</b> -	Objetivos de aprendizado do cenário simulado virtual.....	34
<b>Tabela 3</b> -	Itens do questionário SUS.....	37
<b>Tabela 4</b> -	Frequência de uso .....	44
<b>Tabela 5</b> - -	Cruzamento entre as variáveis Especialidade X Avaliação de Usabilidade .....	54
<b>Tabela 6</b> -	Cruzamento entre as variáveis Especialidade X Frequência de Uso .....	54
<b>Tabela 7</b> -	Cruzamento entre as variáveis Especialidade X Complexidade.....	55
<b>Tabela 8</b> -	Cruzamento entre as variáveis Especialidade e Fácil uso.....	55
<b>Tabela 9</b> -	Cruzamento entre as variáveis Especialidade X Auxílio Técnico .....	56
<b>Tabela 10</b> -	Cruzamento entre as variáveis Especialidade X Funções bem integradas .....	56
<b>Tabela 11</b> -	Cruzamento entre as variáveis Especialidade X Inconsistência .....	57
<b>Tabela 12</b> -	Cruzamento entre as variáveis Especialidade X Rápida aprendizagem .....	57
<b>Tabela 13</b> -	Cruzamento entre as variáveis Especialidade e Uso atrapalhado .....	58
<b>Tabela 14</b> -	Cruzamento entre as variáveis Especialidade X Confiabilidade de uso .....	58
<b>Tabela 15</b> -	Cruzamento entre as variáveis Especialidade X Novo aprendizado.....	59
<b>Tabela 16</b> -	Score SUS .....	64

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> - Gênero dos respondentes .....	42
<b>Gráfico 2</b> - Especialidade dos respondentes.....	43
<b>Gráfico 3</b> - Participação em avaliações de usabilidade .....	43
<b>Gráfico 4</b> - Frequência de uso .....	44
<b>Gráfico 5</b> - Complexidade .....	45
<b>Gráfico 6</b> – Facilidade de uso.....	46
<b>Gráfico 7</b> - Auxílio técnico.....	46
<b>Gráfico 8</b> - Funções bem integradas.....	47
<b>Gráfico 9</b> - Inconsistência.....	48
<b>Gráfico 10</b> - Rápida aprendizagem.....	48
<b>Gráfico 11</b> - Uso atrapalhado .....	49
<b>Gráfico 12</b> - Confiabilidade para uso .....	49
<b>Gráfico 13</b> - Necessidade de novo aprendizado. ....	50
<b>Gráfico 14</b> - Aspecto visual.....	59
<b>Gráfico 15</b> - Aspecto realístico.....	60
<b>Gráfico 16</b> - Tarefas no ambiente virtual .....	61
<b>Gráfico 17</b> - Imersão no cenário.....	61
<b>Gráfico 18</b> - Interatividade com ambiente virtual .....	62
<b>Gráfico 19</b> - Autonomia.....	62
<b>Gráfico 20</b> - Score SUS .....	65
<b>Gráfico 21</b> - Curva de percentil do SUS.....	70

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> -	Resultado do Teste Qui-quadrado - idade.....	51
<b>Quadro 2</b> -	Resultado do Teste Qui-quadrado – gênero.....	53
<b>Quadro 3</b> -	Respostas dos participantes às perguntas abertas .....	63

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ACGME	<i>Accreditation Council for Graduate Medical Education</i>
ASA	<i>American Society of Anesthesiology</i>
AVT	Anestesia Venosa Total
<i>BRAINSTORM</i>	Discussão sobre diversas ideias
CET's	Centros de Ensino e Treinamento
CNMR	Comitê Nacional de Residência Médicas
DERS	<i>Dose Errors Reduction System</i> (Sistema de Redução de Erros de Dosagem)
EFH	Engenharia de Fatores Humanos
EMBS	Educação Médica Baseada em Simulação
HCFMUSP	Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de São Paulo
HFO	<i>High Fidelity Organizations</i> (Organizações de Alta Fidelidade)
HM	Hipertermia Maligna
IAC	Infusão Alvo-Controlada
NMC	<i>National Medical Commission</i>
PBL	<i>Problem Based Learning</i> (Ensino Baseado em Problemas)
R1, R2 e R3	Residentes de Anestesiologia em formação nos primeiros, segundo e terceiro ano
RV	Realidade Virtual
<i>SERIOUS GAMES</i>	Jogos sérios (ou jogos com objetivos de ensino e treinamento)
<i>SMART PUMPS</i>	Bombas de Infusão Automática ou Inteligentes
Staff	Médico anesthesiologista especialista
SUS	<i>System Usability Scale</i> (Escala de Usabilidade de Sistemas)
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
WHO	<i>World Health Organization</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>17</b>
2.1	ERROS MÉDICOS NOS SISTEMAS DE SAÚDE .....	17
2.2	EDUCAÇÃO MÉDICA EM ANESTESIOLOGIA.....	20
2.3	EDUCAÇÃO MÉDICA BASEADA EM SIMULAÇÕES.....	23
2.4	REALIDADE VIRTUAL E O ENSINO MÉDICO.....	25
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>29</b>
3.1	OBJETIVO GERAL.....	29
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	29
<b>4</b>	<b>JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>31</b>
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>33</b>
5.1	INTRODUÇÃO.....	33
5.2	DESENVOLVIMENTO DO <i>SOFTWARE</i> .....	34
5.3	SELEÇÃO DOS GRUPOS DE PESQUISA.....	35
5.4	INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO .....	36
5.5	UTILIZAÇÃO DO <i>SOFTWARE</i> EM CAMPO.....	37
5.6	AVALIAÇÃO DA USABILIDADE.....	38
5.7	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	39
<b>6</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>42</b>
6.1	RESULTADOS DO TESTE QUI-QUADRADO.....	50
6.2	ANÁLISE DAS TABELAS DE CONTINGÊNCIA .....	53
6.3	ANÁLISE DOS RESULTADOS DAS PERGUNTAS ESPECÍFICAS.....	59
6.4	ANÁLISE DOS RESULTADOS DAS PERGUNTAS ABERTAS .....	63
6.5	CÁLCULO E RESULTADOS DO SCORE SUS.....	64
<b>7</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>67</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>73</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>75</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>83</b>
	ANEXO A - Aprovação do Projeto pela Comissão de Ética de Pesquisa.....	83
	ANEXO B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	85
	ANEXO C - Questionário Qualitativo.....	89

# **1 INTRODUÇÃO**

---

## 1 INTRODUÇÃO

Anestesia Venosa Total (AVT) é um termo que significa a realização de um procedimento anestésico, única e exclusivamente, por meio da injeção intravenosa de fármacos anestésicos, ou seja, fármacos que promovam inconsciência, analgesia e bloqueio da atividade simpática autonômica. De acordo com Nimmo e cols.<sup>1</sup>, apesar de apresentar vantagens para alguns pacientes, a técnica anestésica preferida da maioria dos anesthesiologistas no Reino Unido e Irlanda é a anestesia geral inalatória. Entretanto, há casos em que a AVT se torna imperativa, como nos casos suspeitos ou confirmados de Hipertermia Maligna (HM), e em pacientes com alto risco de náuseas e vômitos pós-operatórios. Para uma correta e segura utilização da técnica de AVT, torna-se necessário um conhecimento amplo sobre a farmacocinética e farmacodinâmica dos fármacos utilizados; sobre o uso dos dispositivos médicos para infusão dos fármacos, além da capacidade de interpretar os parâmetros de monitorização hemodinâmicos e do nível de consciência intraoperatórios.

A partir dos estudos de Price e cols.<sup>2</sup>, motivou-se uma busca por fármacos com melhores características físico-químicas para uso em infusão contínua, em termos de potência de ação, distribuição e eliminação. Dentre eles, surgiu o Propofol, que, por apresentar uma meia-vida contexto sensitiva mais curta, tornou-se um dos fármacos mais utilizados na AVT até os dias de hoje<sup>3</sup>.

O aprendizado sobre conceitos farmacocinéticos (efeito compartimento, biofase, volume de distribuição e ponto de equilíbrio), que descreviam a ação do Propofol no organismo, promoveu modificações na sua técnica de infusão e a criação de modelos matemáticos que foram incorporados em bombas de infusão assistidas por um computador, mas que ainda requisitavam cálculos manuais realizados pelo anesthesiologista. De acordo com Nora<sup>4</sup>, a partir do maior entendimento sobre o local de ação, a distribuição e a eliminação de fármacos utilizados, isoladamente ou em conjunto durante o ato anestésico-cirúrgico, surgiram novos modelos farmacocinéticos incorporados em bombas de infusão cada vez mais sofisticadas, que podiam calcular, automaticamente, as taxas de infusão dos fármacos a partir de alguns parâmetros inseridos manualmente pelo anesthesiologista durante sua programação. Esta forma de infusão passou a ser conhecida por Infusão Alvo-Controlada (IAC).

Como dissemos, as “*smart pumps*” ou bombas de infusão inteligentes incorporam *softwares* específicos conhecidos como sistema de redução de erros (*dose error reduction system – DERS*) e uma biblioteca de fármacos<sup>5</sup>. Isso significa que elas contêm parâmetros predefinidos para cada fármaco em específico, que podem ser ajustados para infusões



contínuas, doses em *bolus* ou em infusões intermitentes. Um dos principais benefícios do uso desse tipo de bombas de infusão é justamente a possibilidade de redução de erros relacionados a cálculos de dosagens. Além disso, a presença de diferentes tipos de alarmes favorece o rápido reconhecimento e a correção de possíveis erros na sua programação<sup>6</sup>. Da mesma forma, seu *software* permite o registro de cada ação adotada na programação da bomba de infusão durante a administração de medicamentos.

Apesar do grande potencial para a redução de erros com o uso das bombas de infusão inteligentes, como demonstrado por Pang e cols.<sup>7</sup>, alguns erros persistiram mesmo após a sua implementação, tais como: a) erros de programação; b) não utilizar o fármaco correto da biblioteca; c) erros na introdução de dados do paciente; d) suspensão de alarmes para não interromper o fluxo do trabalho; entre outros. Erros na administração correta dos fármacos anestésicos pode ocasionar situações extremamente indesejáveis, tais como o despertar intraoperatório, como mostra o *5<sup>th</sup> National Audit Project*. Esse mesmo relatório ressalta ainda que a maioria desses casos poderia ter sido evitada e que o principal fator catalizador para esses eventos foi uma inadequação no processo de educação e treinamento dos anesthesiologistas. Otimizar o uso das *smart pumps*, procurando maximizar os benefícios e reduzir os riscos de erros da técnica de anestesia venosa total (AVT) deveria ser, com certeza, uma das metas de qualquer serviço de Anestesiologia, como recomenda esse relatório<sup>8</sup>.

De acordo com Williams e Maddox<sup>9</sup>, a implementação de novos sistemas ou dispositivos nos hospitais pode ser um grande desafio, pois requer importantes mudanças na forma de trabalhar de diversos profissionais. No caso das bombas de infusão inteligentes para infusão de fármacos anestésicos durante um ato anestésico-cirúrgico, não é diferente.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

---

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 ERROS MÉDICOS NOS SISTEMAS DE SAÚDE

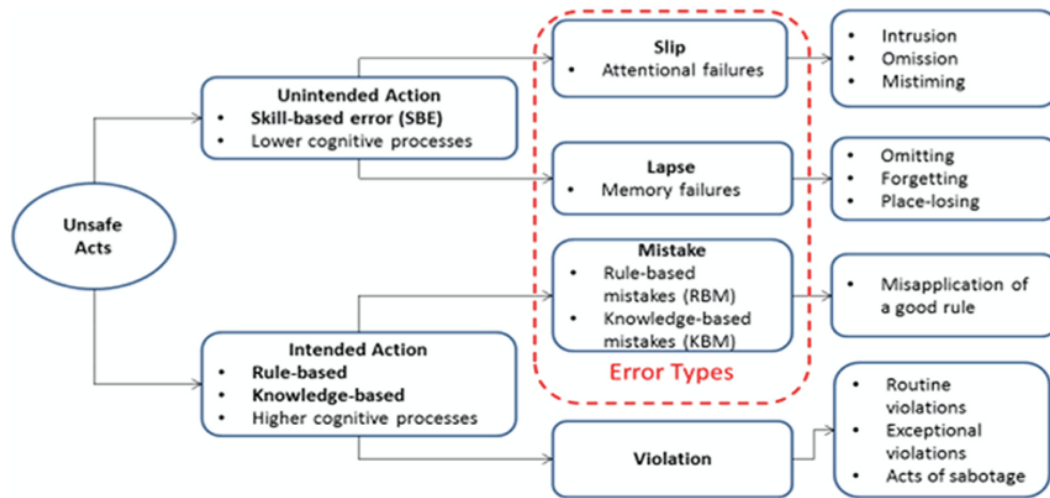
O interesse para o desenvolvimento desta pesquisa inicia-se pela preocupação com a incidência dos erros médicos, suas causas e consequências para os sistemas de saúde, com foco na melhoria dos processos perioperatórios em Anestesiologia.

A segurança é a força motriz que, geralmente, conduz a prática médica, especialmente na Anestesiologia. No entanto, apesar de profissionais bem qualificados, sabemos que os sistemas de saúde não são imunes a erros. Erros são desvios não intencionais da prática médica segura e são considerados a terceira maior causa de morte nos EUA, somente atrás de doenças cardiovasculares e câncer<sup>10</sup>.

Segundo os mesmos autores, cerca de 4 a 17% das admissões hospitalares são associadas com algum tipo de evento adverso, sendo a grande maioria deles evitável. Um tipo comum de erro evitável é o “quase-erro” (em Inglês, *near-miss*), ou seja, aquele erro que tinha o potencial para causar um dano ou acidente, mas que foi interrompido antes do evento fatal.

Os seres humanos, parte fundamental nos sistemas de saúde, não são tomadores de decisão perfeitos, como relata estudo intitulado *Human Factors Applied to Perioperative Process Improvement*, e podem cometer erros de diversas categorias (Figura 1). Eles estão sujeitos a uma variedade de fatores que podem prejudicar seu desempenho<sup>11</sup>. Dessa forma, é natural que novas tecnologias tragam consigo uma nova sequência de complexidade e recursos que exigem treinamento, adaptação e, principalmente, atenção<sup>12</sup>. A automatização na infusão de anestésicos venosos pode reduzir riscos de falhas, como já dissemos. No entanto, a programação do equipamento será feita por um profissional que precisa estar atento e ciente no controle do dispositivo<sup>13</sup>.

**Figura 1 -** Diagram of Reason's Error Classification hierarchy



Fonte: *Human Factors in Healthcare* (2022)

Erros na administração de medicamentos são, geralmente, o último estágio passível de intervenção antes que um paciente possa ser exposto a um potencial evento adverso, sendo, portanto, um dos mais frequentes e difíceis de evitar<sup>14</sup>.

Segundo estudo da *World Health Organization* (WHO), a investigação das causas raízes desse tipo de erro pode ajudar na identificação de quesitos que podem ser aprimorados no design e uso de sistemas complexos<sup>15</sup>.

A partir do relatório “To Err is Human”, de 1999, a comunidade médica tem focado em medidas para prevenção do erro médico. Muitas dessas medidas foram copiadas ou adaptadas de outras indústrias consideradas de alta confiabilidade (em Inglês, *High Fidelity Organizations* - HFO), justamente por servirem de excelentes modelos de sistemas resilientes a erros. Muitas das práticas anestésicas foram adotadas a partir dessas organizações<sup>16</sup>.

A Anestesiologia é uma das especialidades com maior interação homem-máquina. Quer dizer, faz parte inerente da prática anestesiológica o uso intenso de dispositivos e *softwares* médicos, assim como, a interpretação de seus dados para as tomadas de decisão durante todo o período perioperatório. Portanto, torna-se crítico um bom design da interface usuário/*software* ou *hardware*. Os fatores humanos devem ser considerados precocemente no processo de design, assim como análises técnicas e testes de usabilidade devem ser realizados em todos os estágios de desenvolvimento de um novo dispositivo/*software* médico, de acordo com sua população de usuários finais.

A ciência que estuda a forma de interação dos seres humanos com máquinas (dispositivos médicos) e sistemas complexos é conhecida hoje como Engenharia de Fatores

Humanos (EFH)<sup>17</sup>. Pesquisadores nessa área têm estudado os princípios relacionados ao desenvolvimento de equipamentos e *softwares* para seu uso seguro e otimizado<sup>18</sup>. Quando esses princípios são violados, é mais provável de ocorrer o uso inadequado de determinado dispositivo<sup>19</sup>.

Dessa forma, deficiências no design e na interface com o usuário podem induzir a erros. Kirkendall e cols.<sup>20</sup>, em uma extensa revisão da literatura, relacionaram os principais tipos de erros envolvidos no uso das bombas de infusão inteligentes ou *smart pumps*. É interessante notar que vários deles estão relacionados ao fator humano na usabilidade desses dispositivos, como pode ser visto na Tabela 1. Esses dados são importantes para nossa pesquisa a partir do momento em que precisamos traçar estratégias de ensino que vão ao encontro das reais demandas dos usuários.

**Tabela 1** - Identificação de tipos de erros associados com o uso de bombas de infusão inteligentes (*smart pumps*)

CATEGORIA	TIPO	CAUSAS POTENCIAIS
Erros não documentados	Ordens de administração de medicamentos não autorizadas ou documentadas no sistema.	1. Comunicação; 2. Fatores humanos; 3. Fatores relacionados ao sistema.
Erros relacionados à biblioteca de medicamentos	Seleção errada de um medicamento ou ignorar o uso de um medicamento da biblioteca.	1. Comunicação; 2. Confusão no nome do medicamento; 3. Fatores humanos; 4. Fatores relacionados ao sistema.
Erros de programação	Erros na seleção da concentração, do volume ou da dose correta do medicamento	1. Comunicação; 2. Confusão no nome do medicamento; 3. Fatores humanos; 4. Fatores relacionados ao sistema.

Fonte: *Drug safe, author manuscript, available in PMC 2021, Nov 1*(traduzido e adaptado).

Assumindo-se que erros são multifatoriais e não somente devido à incompetência de indivíduos, uma nova ênfase deveria ser colocada em prática: a introdução de novas práticas deveriam tornar todo o sistema mais resiliente a erros de qualquer natureza.

Por essa razão, torna-se imperioso proporcionar um processo educacional formal e bem desenhado tanto para anestesiológicos quanto para outros profissionais que trabalham na sala cirúrgica, a fim de que haja um perfeito entendimento sobre o uso dos dispositivos, seja durante o ato cirúrgico-anestésico seja no momento da transferência do paciente para outra unidade de cuidados médicos. Madhivathanan e cols.<sup>21</sup>, ao pesquisarem treinamento de anestesiológicos da região de Londres, no Reino Unido, no uso da técnica de anestesia venosa total (AVT), observaram, por meio das respostas de 162 anestesiológicos, que 78% não haviam tido um

treinamento formal sobre a técnica; 60% ocasionalmente ou quase nunca utilizam essa técnica; 48% não se consideraram competentes no uso da técnica sem supervisão; 95% relataram que seria muito importante sentirem-se mais capacitados e confiantes para usarem e aplicarem esta técnica em seus pacientes; e 73% relataram que gostariam de a utilizar mais frequentemente<sup>22</sup>. Problemas de conformidade, como os relatados, podem gerar impacto no benefício que se poderia alcançar com as tecnologias das *smart pumps*.

Tradicionalmente, existem muitas barreiras para o uso otimizado das bombas de infusão inteligentes, geralmente relacionadas à complexa tecnologia, e a suas interfaces com outros dispositivos e pessoas envolvidas na sua utilização. De acordo com esses dados, podemos inferir que a deficiência observada em termos de estratégias de treinamento e ensino no uso de dispositivos médicos complexos, tais como as bombas de infusão inteligentes ou *smart pumps*, pode ser uma importante barreira na disseminação e no uso efetivo desses dispositivos, como identificado no estudo de Lyons e cols.<sup>23</sup>, em que somente 32% das infusões de medicamentos eram administradas por meio das bombas de infusão inteligentes, apesar de sua disponibilidade na maioria dos hospitais.

São vários os fatores que precisam ser inseridos nos protocolos de anestesia para permitir que a incorporação tecnológica seja segura tanto para o profissional de Saúde quanto para os pacientes, sendo impossível ignorar a relevância do treinamento e desenvolvimento de habilidades técnicas e não técnicas durante essa incorporação. Portanto, devemos considerar o importante papel da Engenharia de Fatores Humanos no design de dispositivos médicos para a segurança dos pacientes<sup>24</sup>.

## 2.2 EDUCAÇÃO MÉDICA EM ANESTESIOLOGIA

“Most professionals reach a stable, average level of performance within a relatively short time frame and maintain this mediocre status for the rest of their careers.” (Anders Ericsson).

O ensino médico tradicional em Anestesiologia, assim como outras especialidades, é baseado em um currículo que tem por objetivos treinar os residentes para que sejam capazes de agir profissionalmente, de forma a obter resultados esperados de acordo com certos padrões de desempenho<sup>25</sup>. As competências necessárias para obter-se esses resultados são determinadas pelos órgãos acreditadores. No Brasil, a resolução do Comitê Nacional de Residência Médicas (CNRM) criou uma matriz de competências para os programas de residência em Anestesiologia, tornando-se mandatória a partir de 2020. Com relação à segurança dos

pacientes, essa matriz específica que os anesthesiologistas devem estar sempre conscientes sobre suas limitações e propensos às oportunidades de aprendizado contínuo<sup>26</sup>.

O aprendizado de habilidades técnicas e sociocomportamentais em Anestesiologia geralmente ocorre durante a experiência vivencial nos centros cirúrgicos<sup>27</sup>. A prática deliberada é uma forma efetiva de engajar os residentes no aprendizado de atividades práticas corriqueiras a fim de melhorar seu desempenho. Entretanto, apresenta algumas limitações relacionadas às oportunidades de aprendizado entre os residentes<sup>28</sup>.

Dessa forma, o ensino durante casos reais pode ser comprometido ao levar-se em consideração os riscos envolvidos com o paciente anestesiado. Instrutores/mentores se veem obrigados a escolher entre a melhor oportunidade de ensino frente à eficiência do centro cirúrgico<sup>29</sup>.

Diante dessas limitações, a *National Medical Commission (NMC)*, em seus programas de pós-graduação em Anestesiologia nos EUA, tem enfatizado a necessidade de novos métodos interativos de ensino/aprendizado/avaliação para o desenvolvimento de competências cognitivas, afetivas e psicomotoras. Esses novos métodos interativos de ensino/aprendizagem devem ser centrados no aluno, com objetivos de aprendizado pré-determinados para se atingir os níveis de competências desejados, além de permitir *feedbacks* imediatos e encorajar o aprendizado autodirigido<sup>30</sup>.

O ensino médico em Anestesiologia foi pioneiro no uso de simulações realísticas, em que a prática deliberada poderia ser experimentada repetidamente, em ambientes seguros e controlados, garantindo um aprendizado que, por vezes, seria inviável durante a realização de casos reais nos centros cirúrgicos<sup>31</sup>.

Aprender é um processo que, necessariamente, envolve mudanças comportamentais no sujeito a partir de experiências vivenciadas, em especial, quando são significativas ou evidenciam uma aplicabilidade prática bem definida<sup>32</sup>. Segundo Burton<sup>33</sup>, o aprendizado é uma mudança comportamental a partir da interação do indivíduo com seu meio ambiente.

Por meio de todo o século XX, modelos de ensino e treinamento em Anestesiologia passaram a ser mais formatados e baseados em teorias de aprendizado diversas. Pesquisadores nessa área destacam três principais teorias de ensino, a saber: a) comportamental; b) cognitiva/construtivista; e c) socioconstrutivista.

Segundo Greeno e cols.<sup>34</sup>, a Teoria Comportamental leva em consideração a motivação intrínseca dos estudantes, em que novos conhecimentos seriam agregados ou superpostos a conhecimentos e crenças prévias. Esse somatório de conceitos, ou novos modelos mentais, possibilitaria testar a sua aplicação em contextos futuros, por sentirem-se mais competentes.

Segundo Piaget<sup>35</sup>, na Teoria Cognitiva, os professores devem promover o interesse e a motivação nos alunos, estimulando sua capacidade de metacognição (refletir sobre os próprios pensamentos e gerenciando-os) sobre determinada situação-problema.

Os teóricos da Teoria de Aprendizagem Socioconstrutivista preconizam uma abordagem mais holística de aprendizado, ou seja, a partir da interação de uma comunidade de alunos para a resolução de determinados problemas, em um meio ambiente comum. Essa teoria difere da abordagem cognitivista, pois substitui a interação sujeito-objeto pela interação sujeito-outro-objeto, sendo este outro um mediador entre o sujeito e o objeto<sup>36</sup>.

Essas teorias, geralmente, são complementares e podem ser utilizadas em conjunto dentro de uma mesma grade curricular.

À medida que as teorias de aprendizado baseadas nos princípios da andragogia foram ganhando influência nas escolas médicas e programas de residência, o mesmo ocorreu com o ensino em Anestesiologia. A *American Society of Anesthesiology* (ASA) desenvolveu programas baseados na resolução de problemas (PBL) já no seu congresso anual em 1992, estabelecendo a especialidade como pioneira no uso desta metodologia de ensino<sup>37</sup>.

Recentemente, a especialidade tem se beneficiado da introdução de novos métodos de ensino, dentre eles, a análise de casos clínicos<sup>38</sup>. Segundo Kary e cols.<sup>39</sup>, o estudo de casos no ensino da Anestesiologia cria oportunidades para a descoberta, análise e resolução de problemas, os quais são uma forte base para a prática clínica.

O ensino digital tem contribuído para uma transformação nas modalidades de ensino médico, impulsionada, nos últimos anos, pela pandemia de COVID 19. A Teoria Colaborativista (também conhecida como teoria colaborativista on-line), foca no uso das redes para potencializar o aprendizado on-line<sup>40</sup>. Esse tipo de modelo possibilita maior flexibilidade e autonomia, de acordo com os princípios de Knowles, além de se adequar aos diferentes estilos de aprendizado pelos alunos<sup>41</sup>.

A tecnologia tem sido cada vez mais incorporada aos programas de residência em Anestesiologia. O uso de tablets e computadores permitem o acesso imediato às informações. Cerca de 90% dos anestesiolistas relatam o uso de diversos aplicativos, incluindo calculadores de medicamentos, jornais e livros eletrônicos, além de aplicações que auxiliam nas tomadas de decisão<sup>42</sup>.

Tecnologias imersivas, tais como a Realidade Virtual (RV), tem sido implementadas nos programas educacionais por reduzir os custos com treinamento. Da mesma forma, Breining<sup>43</sup> destaca seu potencial para simular situações raras de crise e anestesia regional como sendo incomparável a outras modalidades de ensino.



Concluindo a respeito da abordagem teórica na construção do *software* de realidade virtual (objeto desta dissertação), com futuro propósito de uso como ferramenta de ensino em Anestesiologia, preconizamos os cinco conceitos básicos de Knowles a respeito das teorias de aprendizagem do adulto, a saber: a) o *software* deveria promover autonomia ou aprendizado autodirecionado; b) a simulação deveria promover vários graus ou níveis de experiência vivenciada; c) o conteúdo curricular deveria conter tópicos com aplicabilidade prática corriqueira; d) o conteúdo curricular deveria se basear na resolução de problemas; e e) o *software* deveria promover imersão suficiente para gerar engajamento por meio da motivação interna dos usuários.

### 2.3 EDUCAÇÃO MÉDICA BASEADA EM SIMULAÇÕES

No processo de construção do *software* de realidade virtual (objeto dessa dissertação), priorizamos o uso da metodologia de ensino baseada em simulações. A escolha por essa metodologia de ensino tem fundamento na experiência do autor com ensino presencial de residentes no uso da técnica de anestesia venosa total (AVT). Nesse capítulo, vamos dissertar sobre algumas razões e justificativas para a escolha dessa metodologia no desenvolvimento do *software*.

A educação médica baseada em simulações (EMBS) tem sido cada vez mais utilizada como parte integral dos currículos educacionais em Saúde, principalmente devido às questões relacionadas à segurança dos pacientes, mas, também, por atender às demandas dos respectivos comitês responsáveis pelos programas de residência médica em Anestesiologia<sup>44</sup>.

Durante a prática presencial corriqueira no centro cirúrgico, são raras as oportunidades para o aprendizado. A Anestesiologia, assim como outras especialidades, requer habilidades técnicas e não técnicas para um bom desempenho. Sendo assim, o uso de simulações pode ser vantajoso, assim como, em outras indústrias de alta complexidade<sup>45</sup>.

Simulações servem para reproduzir ou amplificar situações que podem ocorrer na realidade, porém em um ambiente seguro e controlado, em que objetivos de aprendizado são definidos e determinados previamente<sup>46</sup>. Avaliar o desempenho de anestesiolistas durante casos clínicos reais impõe um importante fator estressante pelo risco aos pacientes. Por outro lado, o ambiente simulado pode reproduzir as mesmas condições, de forma padronizada e sem impor tais riscos. De acordo com a *Accreditation Council for Graduate Medical Education* (ACGME), a educação médica baseada em simulação tem sido considerada um dos métodos mais efetivos para avaliação de habilidades técnicas em procedimentos médicos<sup>47</sup>.

O princípio que permeia o uso dessa metodologia é proporcionar uma experiência vivencial simulada com objetivos claros de aprendizado (prática deliberada), de forma que o aluno tenha substrato para refletir sobre as melhores práticas na resolução de algum problema, a partir de erros cometidos e discutidos durante a realização de cenários clínicos simulados até atingirem o estado de masterização, de acordo com padrões predefinidos. A prática deliberada ocorre “quando os indivíduos se engajam em atividades práticas criadas pelos seus instrutores ou mentores, com plena concentração no aperfeiçoamento de aspectos específicos do desempenho desejado”<sup>48</sup>.

Segundo Cook e cols.<sup>49</sup>, pela prática deliberada, tem se demonstrado melhora na autoconfiança, no desempenho de habilidades técnicas, nos processos de pensamento crítico e nas tomadas de decisão dinâmicas.

De acordo com Oliveira<sup>50</sup>, um dos principais autores construtivistas sociais, o aprendizado é a construção de novos conhecimentos a partir de uma base de conhecimento prévia, de cada um. Somente a partir da conscientização do conhecimento prévio poderemos, então, almejar expandir novas ideias, em diferentes contextos. Seguindo na linha construtivista, o que realmente importa durante as simulações é identificar a dissonância entre o que os alunos possuem de conhecimento prévio e o que vivenciam durante a experiência concreta (cenário simulado) como oportunidade de ensino. Essa prática reflexiva é exercida durante a fase de *debriefing* (pós-cenário).

Existem diversas formas de promover essa prática reflexiva, sendo que nenhuma delas foi comprovadamente superior à outra. Segundo Schon<sup>51</sup>, no processo de aprendizado, não somente é importante identificarmos as dissonâncias evidenciadas durante a experiência concreta, mas, também, refletirmos sobre as melhores formas de agregarmos novos conhecimentos no futuro. Um instrutor experiente na metodologia saberá orientar seus alunos em suas reflexões ao final de cada cenário para formular conceitos abstratos e fazer generalizações sobre o que ocorreu durante a intervenção. A metodologia de simulação possibilita, dessa forma, que o aluno aperfeiçoe sua prática a partir da experimentação de novos modelos mentais sobre a resolução do mesmo problema, mas em contextos diferentes<sup>52</sup>.

Lorelo e cols.<sup>53</sup> corroboram com esses fatos em uma revisão sistemática e metanálise, em que compararam dois grupos de anestesiológicos em programas de pós-graduação. O grupo que foi submetido à metodologia de educação baseada em simulação apresentou diferenças estatisticamente significativas em termos de satisfação, e desenvolvimento de capacidades técnicas e comportamentais.

Apesar das vantagens, a metodologia de simulação apresenta algumas limitações. Operacionalizar uma simulação realística de alta fidelidade é relativamente complexo. Demanda tempo e recursos específicos para construir um design efetivo, além de instrutores capacitados na arte do *debriefing*, elevando os custos da atividade. Além disso, dificuldades no engajamento dos participantes pode comprometer o aprendizado planejado previamente<sup>54</sup>.

Dessa forma, as tecnologias digitais podem ser uma alternativa a essas limitações, em que simulações podem ser padronizadas e repetidas continuamente, com menor custo. Além disso, podem contribuir para um maior engajamento e uma maior autonomia por meio da modalidade de gameificação e com a introdução da tecnologia de aprendizado de máquina.

## 2.4 REALIDADE VIRTUAL E O ENSINO MÉDICO

*“... in order to make appropriate use of learning technologies in medical training, a more significant focus needs to be placed on learning design and design methodologies.” (Winters, 2013)*

Como vimos anteriormente, o ensino baseado em simulações presenciais tem demonstrado benefícios para o aprendizado prático<sup>55</sup>. No entanto, sabemos que existem limitações de tempo e recursos que podem impactar a realização de práticas simuladas recorrentes no treinamento de habilidades técnicas e no aperfeiçoamento dos processos de tomada de decisão dinâmicas<sup>56</sup>. McIntosh e cols.<sup>57</sup> chegaram a definir um custo superior a 200 libras esterlinas por aluno para a realização de um cenário simulado de alta fidelidade.

A Realidade Virtual (RV) é um tipo de tecnologia digital utilizada para artificialmente reproduzir ambientes, os quais podem ser experimentados por um usuário (aprendizado ativo). Possui elementos de interatividade com objetos virtuais e imersão, ou seja, o usuário percebe o mundo digital como real. Essa tecnologia possui um amplo conceito que engloba as três seguintes categorias de simulação: simuladores na tela do computador; e mundos virtuais e ambientes de realidade virtual de imersão. Simulação na tela do computador consiste, basicamente, numa interface entre os computadores e dispositivos mecânicos ou unidades hápticas. Este tipo de modalidade é muito fácil e rápida de iniciar, podendo ser usada repetidamente pelos alunos em uma série de variados casos clínicos<sup>58</sup>.

A categoria mundo virtual consiste em ambientes virtuais tridimensionais, baseados na utilização on-line de múltiplos usuários, libertando-os de limites geográficos e de tempo<sup>59</sup>. Ambientes de realidade virtual imersivos combinam imagens tridimensionais, possibilitando interações com o ambiente virtual, utilizando acessórios vestidos (tais como os óculos de

realidade virtual) ou colocando o usuário em um ambiente de imersão, dando a sensação de estar mentalmente e fisicamente imerso ou presente na simulação<sup>60</sup>.

Comparada aos métodos de computação digital em telas de computador, a realidade virtual de imersão promove uma maior experiência do usuário, incluindo um alto senso de presença (uma subjetiva sensação de estar presente em um ambiente virtual) e ação natural. Os óculos de realidade virtual são sistemas que permitem, ao mesmo tempo, receber *feedback* visual e auditivo do ambiente virtual enquanto reduz as impressões do meio ambiente exterior. Os dispositivos de maior complexidade, também conhecidos como *high end*, permitem o uso de controles com *feedback* háptico e são, por isso mesmo, os mais comumente utilizados para uma experiência virtual imersiva no ensino de habilidades técnicas, procedurais, assim como, no ensino de habilidades não técnicas para um bom trabalho em equipe<sup>61</sup>.

Dois artigos da revisão de Bracq e cols.<sup>62</sup> concluem que, apesar do comportamento estranho de avatares e de algumas deficiências no *feedback* háptico, ainda assim, os participantes reconheceram as principais características de seu ambiente de trabalho ou organização, o que contribui para a sensação de imersão. Da mesma forma, a sensação de imersão promove um ganho de confiança por parte do aluno, ao se deparar com oportunidades de aprendizado para exercer novas habilidades diante de uma situação crítica ou em um ambiente desconhecido, sem estresse.

O uso cada vez mais disseminado da realidade virtual no formato de “serious games” reflete o interesse em sua aplicabilidade no ensino de procedimentos clínicos e cirúrgicos em ambientes virtuais. No entanto, é importante que desenvolvedores e educadores cooperem entre si durante o processo de desenho instrucional e na validação dos games, a fim de atender a objetivos específicos de aprendizado. Somente então, poderão ser integrados nas grades curriculares como uma verdadeira ferramenta de ensino<sup>63</sup>.

O componente afetivo, por meio da motivação e do autoaprendizado, é um dos principais pilares na metodologia de simulação. Com isto em mente, muitos simuladores de realidade virtual permitem que o aluno participe, seguidas vezes, de sessões de simulação para reconhecer e analisar tanto suas emoções quanto suas interações. O impacto emocional da simulação virtual na autoeficácia de aprender e nas interações sociais que ocorrem durante os cenários simulados é enfatizado e apreciado pelos alunos<sup>64</sup>.

Outra área de interesse na simulação virtual é a geração de dados, já que é possível identificar e rastrear qualquer ação dentro do sistema. Os dados podem ser utilizados como forma de *feedback* e progresso do desempenho de cada aluno, ao longo do tempo. Do ponto de vista do aluno, permite que aja de forma proativa na tentativa de evoluir em seu conhecimento

e sua habilidade, enquanto, do ponto de vista dos educadores, permite que tenham uma visão global sobre o processo evolutivo de aprendizado de cada aluno<sup>65</sup>.

Baniasandi e cols.<sup>66</sup> descrevem como aprendizes podem ser relutantes em usar novas formas de tecnologia digital, como a realidade virtual, se não forem autossuficientes no uso da plataforma de ensino digital e possuírem as habilidades tecnológicas necessárias. Os autores também alertam para as dificuldades que instrutores e mentores encontram para lidar com a falta de engajamento dos aprendizes no uso de novas tecnologias.

Outro efeito colateral importante são sintomas (náuseas, vômitos, tonteiras e cefaleia), relacionados ao uso dos dispositivos de realidade virtual, mesmo que por curto período, podendo afetar a adoção da tecnologia no ensino médico<sup>67</sup>. O avanço tecnológico e a qualidade da simulação virtual podem reduzir esses sintomas<sup>68</sup>.

A tecnologia de realidade virtual possui o potencial para replicar ambientes e situações incomuns ou de alto risco da vida real. Seu valor depende do design e de contextos utilizados nas simulações. Essa nova modalidade educacional não exclui as metodologias tradicionais de ensino em Saúde, mas, sim, as complementa, sendo particularmente útil para a população de profissionais de Saúde em áreas distantes dos grandes centros, com acesso reduzido a treinamentos atualizados e constantes. A incorporação de novas tecnologias digitais depende de seu design e contextos utilizados, podendo contribuir para um maior engajamento dos usuários.

## **3 OBJETIVOS**

---

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

Este estudo visa avaliar a usabilidade de um *software* de realidade virtual para o ensino em Anestesiologia, especificamente no manuseio adequado da bomba de infusão alvo-controlada Terofusion de Propofol (Modelo: Terumo TE 372 TCI/TIVA – Fabricado por Terumo Corporation, Tóquio, Japão).

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Colaborar com o desenvolvimento do *software* em questão;
- Avaliar o nível de satisfação e autoconfiança com a metodologia de ensino em Realidade Virtual;
- Compreender os problemas, as barreiras e as dificuldades na usabilidade do *software* de RV.

## **4 JUSTIFICATIVA**

---



## 4 JUSTIFICATIVA

O uso de novos dispositivos médicos de alta tecnologia requer uma metodologia de ensino e treinamento para evitar possíveis erros que podem colocar a vida de um paciente em risco ou levar a complicações indesejáveis. Tradicionalmente, os treinamentos para esse fim são realizados de forma errática e deficiente, muito em razão de dificuldades logísticas e do alto custo. Desenhar um formato de treinamento que atenda os objetivos de aprendizado de forma efetiva, simples e mais barata é um desafio atual para instrutores, responsáveis por CETs e, até mesmo, para a indústria (tanto de medicamentos quanto de dispositivos). Dentre essas necessidades, estão, com certeza, o desenvolvimento de habilidades técnicas e não técnicas para um uso seguro e efetivo das bombas de infusão alvo-controlada durante um ato anestésico cirúrgico.

A simulação realística tem sido comprovada como um efetivo método de ensino na área Médica e, especificamente, na Anestesiologia. No entanto, seu custo de implementação e a escassez de instrutores capacitados na metodologia, por vezes, inviabiliza programas de treinamento de forma perene ao longo da vida profissional de Anestesiologista. Isto é ainda mais evidente e significativo quando falamos de profissionais que atuam em lugares distantes dos grandes centros ou com pouca acessibilidade a cursos e treinamentos de qualidade.

A tecnologia de realidade virtual é uma nova e promissora modalidade de ensino digital, especialmente na Saúde. Por promover um treinamento imersivo e interativo, pode contribuir para a motivação e o foco dos alunos, acelerando e sedimentando melhor o aprendizado. Comparando com os métodos mais tradicionais de simulação realística de alta fidelidade, a realidade virtual pode representar um custo financeiro menor para as instituições de ensino em Saúde, além de facilitar logisticamente o acesso ao treinamento sem prejudicar o fluxo normal de cirurgias na instituição. Por fim, o uso da realidade virtual pode contribuir para um sistema de avaliação de residentes em diversas tarefas durante sua formação, pela possibilidade de padronização de cenários simulados e automatização, não requerendo, por vezes, a ação subjetiva de avaliadores.

## **5 METODOLOGIA**

---

## 5 METODOLOGIA

### 5.1 INTRODUÇÃO

Esse projeto foi desenvolvido em parceria com a indústria farmacêutica Aspen Pharma LTDA., São Paulo, Brasil, e a empresa de tecnologia digital Medroom SP, Brasil, com o propósito de desenvolver um *software* de Realidade Virtual (RV), aplicando os princípios metodológicos baseado em simulações realísticas, especificamente para treinamento no uso da bomba de infusão alvo-controlada Terofusion (modelo TE 372 TCI/TIVA) de Propofol em Anestesiologia.

O projeto envolve a criação de um cenário clínico simulado em ambiente virtual, com objetivos de aprendizado previamente determinados. Após um breve tutorial, o usuário deverá realizar a indução anestésica em uma paciente virtual, utilizando a técnica de anestesia venosa total (AVT). O foco do aprendizado está justamente no uso da bomba de infusão alvo-controlada Terofusion (modelo TE 372 TCI/TIVA) de Propofol. Todos os equipamentos e acessórios presentes no cenário são para contextualizar e aumentar o nível de fidelidade da simulação, além de contribuir para um melhor entendimento sobre a farmacodinâmica dos medicamentos utilizados na técnica de anestesia venosa total (AVT). O usuário deve realizar uma série de tarefas que envolvem capacidades técnicas e cognitivas, dentre elas: manusear seringas, ajustar parâmetros na bomba de infusão, realizar uma intubação traqueal, correlacionar os parâmetros hemodinâmicos com a taxa de infusão do medicamento e desobstruir o acesso venoso do Propofol, utilizando o Oculus Rift de realidade virtual e seus controles manuais (*joystick*). Ao final, recebe um *feedback* por escrito, com uma nota de desempenho. Na Tabela 2, estão descritos os objetivos de aprendizado do cenário clínico simulado.

O estudo atendeu aos princípios éticos da pesquisa em seres humanos, estabelecidos pela Resolução 466/2012 CNS/MS, sendo aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do HCFMUSP, sob o CAAE nº 59786922.2.000000.68 e Parecer nº 5.487.211 (Anexo A).

**Tabela 2 -** Objetivos de aprendizado do cenário simulado virtual

1. Demonstrar habilidades no uso da bomba de infusão Terofusion (modelo TE 372 TCI/TIVA).
2. Reconhecer os efeitos farmacodinâmicos do Propofol, no contexto do caso clínico.
3. Demonstrar habilidades cognitivas para reconhecer o problema (despertar intraoperatório).
4. Demonstrar capacidade para resolver o problema (obstrução no acesso venoso do Propofol) em tempo hábil.
5. Demonstrar capacidade de gerenciar suas emoções diante de uma pressão psicológica durante a crise.

## 5.2 DESENVOLVIMENTO DO *SOFTWARE*

Segundo Preuveneers e Novais<sup>69</sup>, o desenvolvimento de sistemas não é uma tarefa trivial e, para implementá-los, faz-se necessária a adoção de uma metodologia de forma sistemática que proporcione benefícios tanto em termos de tempo de projeto quanto de execução.

Nesse projeto, seguimos um modelo proposto por Millard e cols.<sup>70</sup>, o qual propõe a participação colaborativa de especialistas na área de domínio na equipe do projeto para facilitar o levantamento de requisitos, construindo-se sistemas mais próximos das demandas dos usuários finais. A construção do *software* seguiu as cinco fases propostas nesse modelo, como pode ser visto na Figura 2:

**1. Escopo.** O escopo e os objetivos de aprendizado foram baseados na experiência do pesquisador (anestesiologista) com treinamentos simulados na técnica de Anestesia Venosa Total (AVT) em parceria com a Aspen Pharma indústria farmacêutica. A partir de diversos treinamentos presenciais realizados ao longo de 2019 com residentes em Anestesiologia, foram identificadas as oportunidades de aprendizado no uso da bomba de infusão alvo-controlada Terofusion (modelo TE 372 TCI/TIVA) de Propofol durante cenários clínicos simulados em um centro de simulação (Berkeley Educacional);

**2. Compreensão Compartilhada.** Nesse sentido, o pesquisador de campo do projeto, reuniu-se com a equipe de tecnologia da empresa Medroom (SP, Brasil) e com líderes da área de produtos da empresa farmacêutica Aspen Pharma (SP, Brasil) para discutir a aplicação da metodologia de simulação virtual, detalhes de contextualização do cenário virtual, fluxogramas de respostas aos medicamentos injetados e ações esperadas dos usuários;

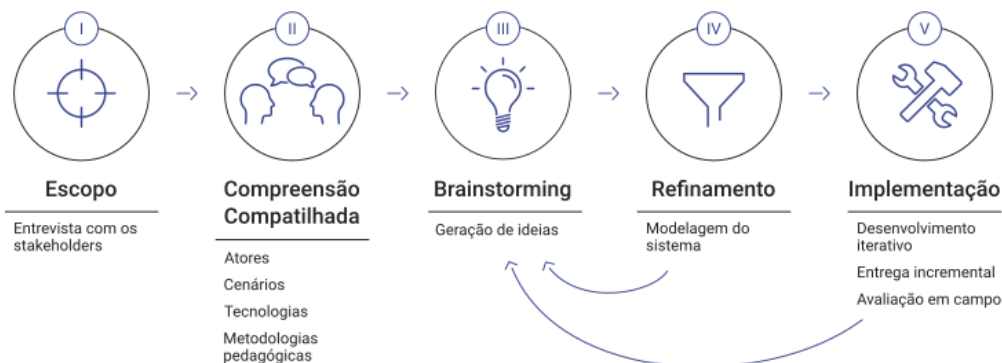
**3. Brainstorming.** Nessa fase, foram discutidas possíveis limitações da tecnologia de realidade virtual em acordo com os objetivos de aprendizado, procurando soluções alternativas. Foram colocadas as ações esperadas durante o cenário clínico e a equipe de tecnologia da

Medroom (designers, programadores e gerente de projeto) ficou encarregada de avaliar as ferramentas digitais necessárias para a criação das primeiras interfaces do *software*;

**4. Refinamento.** No processo de criação e formatação das interfaces, foram iniciadas as modelagens utilizando-se a plataforma Zbrush (uma ferramenta de escultura digital que combina modelagem 3D, texturização e pintura) para proporcionar maior realismo aos elementos virtuais. Na programação, optou-se por seguir com a ferramenta Unreal, uma plataforma aberta de renderização 3D em tempo real, muito utilizada na indústria de games. Ao final, o arquivo executável foi instalado nos óculos Meta Quest 2. Foram realizadas reuniões com toda a equipe para aprovação final de cada fase do projeto;

**5. Implementação.** Com a definição das modelagens, iniciamos os primeiros testes de interatividade com o sistema. Algumas incongruências foram, então, corrigidas. Apesar de algumas ações programadas não demonstrarem o mesmo nível de fidelidade de outras (por exemplo: a intubação orotraqueal, a ventilação do sob máscara facial), decidimos por mantê-las nessa fase, uma vez que o nível de fidelidade para nossos objetivos principais (uso da bomba de infusão de Propofol) foram devidamente atendidos a contento.

**Figura 2 -** Processo de desenvolvimento do co-design



Fonte: Millard, 2009, adaptado.

### 5.3 SELEÇÃO DOS GRUPOS DE PESQUISA

Este estudo incluiu anesthesiologistas em seus diferentes níveis de formação, divididos em quatro grupos (R1, R2, R3 e Staff), provenientes de programas de formação (CETs) de diferentes hospitais (HC da FMUSP; Hospital Municipal Miguel Couto, RJ; Instituto Estadual do Cérebro, RJ).

A busca ativa e o recrutamento dos grupos de estudo foram realizados pelo pesquisador do projeto. Os residentes foram escolhidos de forma aleatória e de acordo com sua

disponibilidade na escala de trabalho. A escolha por realizar a pesquisa *in loco*, ou seja, nos centros cirúrgicos dos hospitais citados, foi para facilitar a logística dos serviços, sem interromper o fluxo do trabalho corriqueiro.

Após a explicação sobre o projeto e a apresentação da oportunidade de experimentarem a ferramenta de ensino virtual, os candidatos assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE – Anexo B) concordando em participar da experiência virtual; responder a um questionário on-line pré-formatado no *Google Forms* e de participar de uma entrevista qualitativa com o pesquisador ao final da simulação virtual (Anexo C).

#### 5.4 INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO

Segundo Mack e Nielsen<sup>71</sup>, os métodos para avaliação de *software* podem ser agrupados em duas categorias principais: Analíticos (também conhecidos como métodos de inspeção ou heurísticas), que são aqueles nos quais a avaliação do *software* é baseada no julgamento de especialistas; e Empíricos, que são aqueles que envolvem a participação dos usuários para a coleta dos dados, que, posteriormente, serão analisados.

Entre as técnicas utilizadas para avaliação com usuários, destaca-se a aplicação de questionários padronizados. As principais vantagens da utilização desses instrumentos de avaliação são: objetividade na coleta das informações, replicabilidade do instrumento em outros estudos e quantificação dos resultados a partir das respostas dos participantes por meio de cálculos estatísticos<sup>72</sup>.

Além desses instrumentos, existem outros que podem ser utilizados para avaliação de *softwares*. No entanto, achamos que a composição das perguntas para avaliar nossos objetivos com esse *software* seria bem atendida com o SUS (*System Usability Scale*) nesse momento da pesquisa. A primeira parte do questionário, no entanto, serviu para colher informações sobre os usuários, como gênero, nível de especialização e experiência no uso de *softwares* de realidade virtual. Essa ferramenta (SUS), criada em 1986 por John Brooke<sup>73</sup>, é extremamente validada na literatura e trata-se de um questionário com 10 perguntas, em que o usuário pode responder numa escala de 1 a 5 de Likert (em que 1 significa discordo completamente e 5 significa concordo completamente, já os números entre 1 e 5 representam respostas intermediárias), permitindo avaliar a interface por meio de três critérios principais: a) Efetividade (os usuários conseguem completar seus objetivos?); b) Eficiência (quanto esforço e recurso são necessários para isso?); c) Satisfação (a experiência foi satisfatória?). Após o cálculo da pontuação obtida por meio das respostas no questionário, os resultados serão comparados e plotados em uma

curva. De acordo com a média obtida, poderemos ter uma noção de usabilidade do *software* e que pontos precisariam ser aprimorados. Os itens do questionário SUS estão listados na tabela abaixo:

**Tabela 3 - Itens do questionário SUS**

ITEM 1	Eu usaria essa aplicação com frequência.
ITEM 2	Eu achei a aplicação desnecessariamente complexa.
ITEM 3	Eu achei a aplicação fácil para usar.
ITEM 4	Eu acho que precisaria do apoio de um suporte técnico para usar essa aplicação.
ITEM 5	Eu achei que as diversas funções da aplicação foram bem integradas.
ITEM 6	Eu achei que houve muita inconsistência nessa aplicação.
ITEM 7	Eu imagino que a maioria das pessoas irá aprender a usar essa aplicação rapidamente.
ITEM 8	Eu achei a aplicação muito pesada para uso.
ITEM 9	Eu me senti muito confiante usando a aplicação.
ITEM 10	Eu precisei aprender uma série de coisas antes que eu pudesse continuar a utilizar a aplicação.

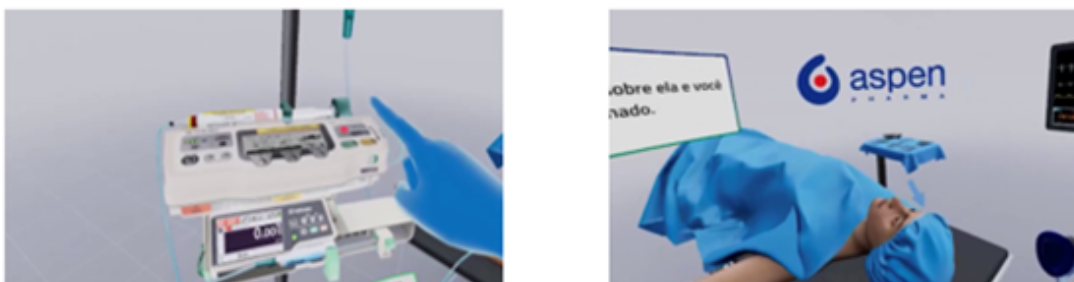
## 5.5 UTILIZAÇÃO DO *SOFTWARE* EM CAMPO

Para validar o *software*, foi realizado um estudo com 28 anesthesiologistas (até o momento), distribuídos em quatro grupos: R1, R2, R3 e Staff. Os testes com o *software* foram realizados em diferentes hospitais, nas instalações próximas aos centros cirúrgicos para não impactar no fluxo dos serviços de anestesia.

Foram levados óculos de Realidade Virtual com o *software* já instalado. Os experimentos foram realizados em salas com cerca de três metros quadrados, sendo observados pelo pesquisador de campo a fim de evitar qualquer acidente. A Figura 3 mostra usuários durante o experimento e a Figura 4 mostra telas da aplicação com a bomba de infusão alvo-controlada Terofusion (modelo TE 372 TCI/TIVA) de Propofol e outra da paciente virtual no ambiente de centro cirúrgico.

**Figura 3 -** Realidade virtual

Fonte: Autoria própria.

**Figura 4 -** Equipamento e procedimento

Fonte: Autoria própria.

## 5.6 AVALIAÇÃO DA USABILIDADE

Para avaliação do *software*, foi utilizado o questionário SUS, como citado anteriormente. Com este questionário, pretendeu-se obter informações sobre a facilidade de uso (Usabilidade) e a simplicidade para se aprender a usar o sistema de realidade virtual (Capacidade de Aprendizado).

Para calcular o score SUS da pesquisa, seguimos a orientação encontrada nos trabalhos de Brooke J. (citado anteriormente). Foi seguido o seguinte passo a passo:

1. Para as questões de número ímpares (1, 3, 5, 7, 9), subtraiu-se 1 da pontuação que o usuário respondeu, ou seja, se o usuário respondeu à questão 1 com concordo totalmente, que é representado pelo número 5, subtraiu-se 1 deste número, e ele se torna 4. Foi feita esta subtração para todas as respostas de todas as questões ímpares;



2. Para as respostas das questões pares (2, 4, 6 8, 10), subtraiu-se a resposta de 5, ou seja, se o usuário respondeu 1, calculou-se (5-1), se o usuário respondeu 2, foi realizado o cálculo de (5-2), se respondeu 3, calculou-se (5-3), e, assim, sucessivamente. Ressaltando que esse cálculo foi realizado de maneira individual para todos os respondentes do questionário, e para questões pares como supramencionado;
3. Feito isto, somou-se o resultado do score de cada respondente da pesquisa, e multiplicou por 2,5;
4. Após a multiplicação da pontuação individual dos participantes por 2,5, foi calculada a média, e, então, obteve-se, assim, o Score SUS;
5. Por último, calculou-se o desvio padrão do Score.

A segunda parte da avaliação constava de uma entrevista direcionada, com questões abertas nas quais os usuários poderiam descrever suas opiniões quanto aos aspectos positivos, negativos e oferecer sugestões de melhorias para a ferramenta.

## 5.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Neste trabalho, utilizou-se o método de estatística descritiva para verificar o nível de satisfação dos participantes após utilizar um *software* de realidade virtual. Com esta análise, foi possível apontar graficamente o nível de satisfação dos respondentes, o que auxilia significativamente na detecção da eficiência e usabilidade do *software*. Utilizamos o teste Qui-Quadrado com o objetivo de verificar a existência de uma possível dependência entre as variáveis observadas, ressaltando que elas foram coletadas por meio de uma entrevista realizada pelo autor.

Uma das abordagens de correspondência simples utilizadas nesse trabalho foi a criação de tabelas de contingência, utilizadas para registrar observações independentes de duas ou mais variáveis aleatórias, verificando se tem algum tipo de associação entre si.

Nesta seção, serão apresentados os resultados da base de dados observada e as análises. É importante destacar que, para todas as análises estatísticas como a estatística descritiva, testes Qui-quadrado e tabelas de contingência, foi utilizado o *software* livre R-project.

Este estudo é conduzido inicialmente por uma amostra total de 28 observações, ressaltando que se trata de um estudo a priori. As análises aqui apresentadas são pautadas no questionário aplicado pelo autor; o público-alvo trata-se de médicos com níveis distintos de

formação na especialidade de Anestesiologia, sendo elas: residente 1 (R1), ou seja, o residente que está cursando seu primeiro ano de residência médica, Residente 2 (R2), aquele residente que está cursando seu segundo ano de residência médica, Residente 3 (R3), residente que cursa o terceiro ano de residência, e STAFF (médicos já especialistas). O estudo foi realizado, até o momento, de outubro de 2022 a janeiro de 2023. Consideraram-se como critérios de inclusão os médicos que estão na categoria supramencionada. Ressalta-se que não foram utilizados critérios de exclusão.

O questionário aplicado aos participantes pelo *Google Forms* consiste num total de 14 questões, sendo 4 de caráter pessoal (classificação do indivíduo) e 10 com opções de resposta pautadas numa escala Likert, de 1 a 5, classificando, assim, o grau de satisfação do respondente após a utilização do *software* de realidade virtual (correspondentes ao *System Usability Scale – SUS*).

## **6 RESULTADOS**

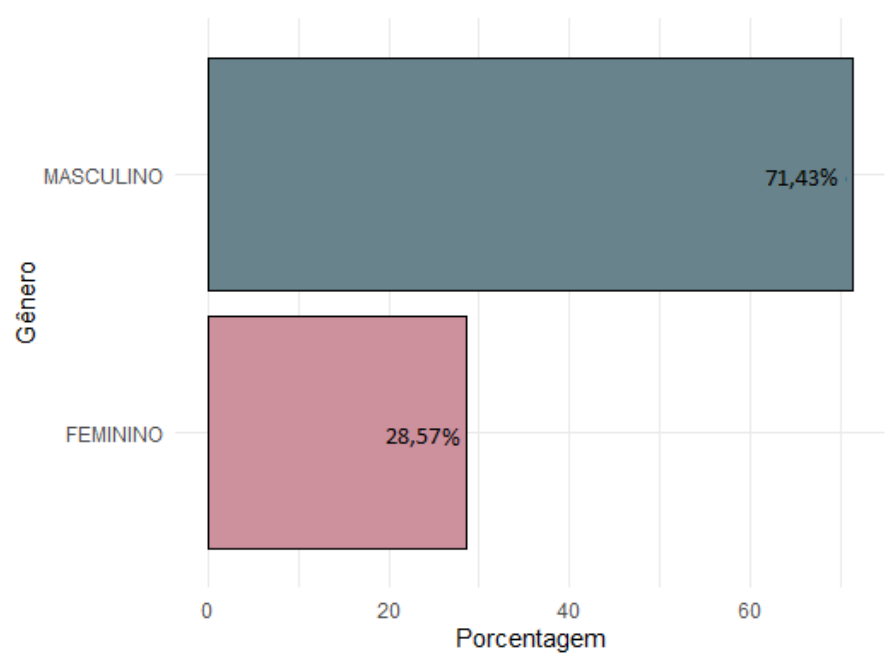
---

## 6 RESULTADOS

Usando-se o questionário, realizou-se a análise descritiva dos dados, na qual o objetivo principal é sintetizar de maneira clara, objetiva e eficiente para entender seu comportamento. Nesse estudo, até o momento, observamos que 60,71% dos respondentes apresentam idade entre 25 e 30 anos, e que, aproximadamente, 21,5% apresentam idade entre 41 e 60 anos.

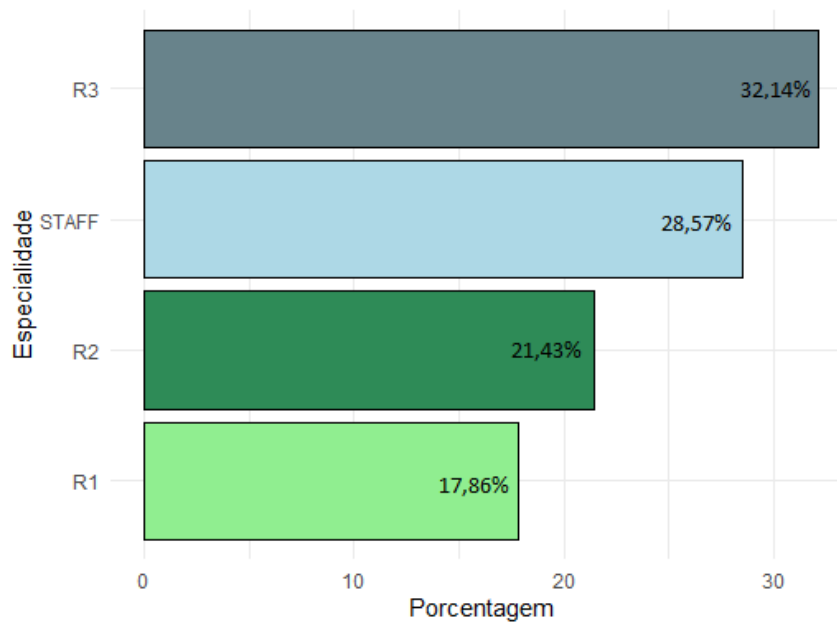
O Gráfico 1 apresenta a variável gênero. Nota-se que a maior parte dos participantes são do gênero masculino, sendo este composto por 20 homens, o que corresponde a 71,43% dos respondentes, e apenas 8 mulheres.

**Gráfico 1 - Gênero dos respondentes**



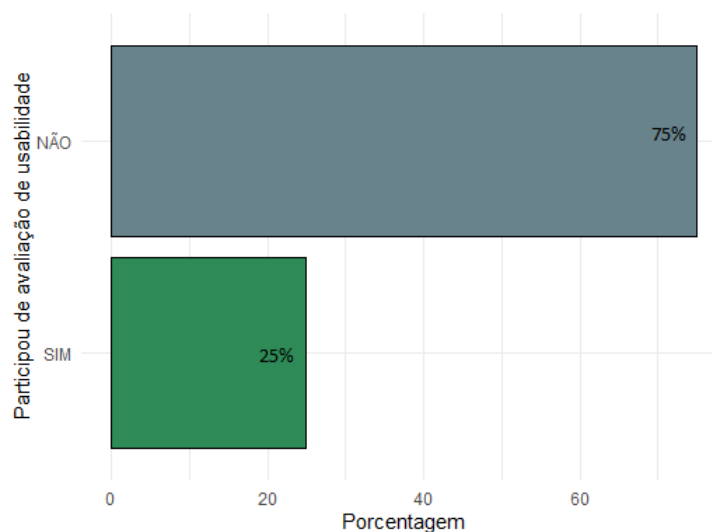
Fonte: Elaboração própria.

O Gráfico 2 aborda a especialidade do respondente. Pode-se notar que 31,14% (n=9) dos participantes estão na categoria de R3; 28,57% (n=8), correspondem à categoria de STAFF; 21,43% se classificam como R2 (n=6) e 17,86% (n=5) como R1. Deste modo, observa-se que existe um equilíbrio entre as especialidades dos participantes da amostra analisada.

**Gráfico 2 - Especialidade dos respondentes**

Fonte: Elaboração própria.

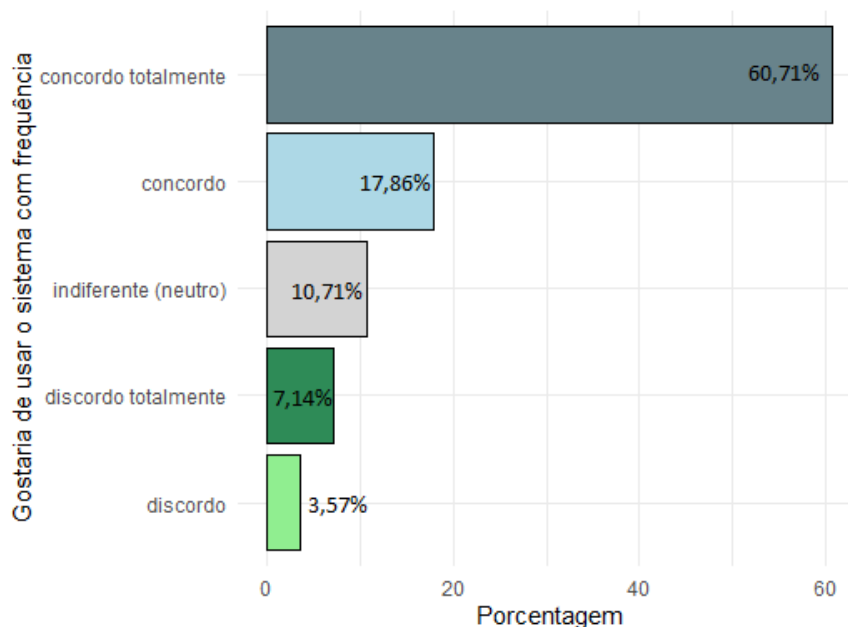
A questão 4 do questionário objetiva verificar se o respondente já participou de uma avaliação de usabilidade. O teste de usabilidade é uma ferramenta que auxilia indivíduos a garantir a consistência de um produto, pois, com esta avaliação, é possível obter *feedbacks* diretamente do usuário final. No Gráfico 3, pode-se notar que a maioria dos respondentes não participou de uma avaliação de usabilidade, 75%, ou seja, 21 indivíduos responderam que não participaram e apenas 7 já haviam participado deste tipo de avaliação.

**Gráfico 3 - Participação em avaliações de usabilidade**

Fonte: Elaboração própria.

A partir da questão 5, as respostas são pautadas na escala Likert e o objetivo principal é apontar o nível de satisfação do usuário com o *software* de realidade virtual. O Gráfico 4 apresenta as respostas da questão 5 no questionário, em que se buscou identificar se o respondente gostaria de usar o sistema em questão com frequência. Nota-se que 60,71% (n=17) responderam que concordam totalmente com a afirmação, evidenciando seu alto interesse pelo uso da ferramenta com frequência, 17,86% (n=5) mostraram interesse em utilizar a ferramenta com frequência. Apenas 10,71% (n=3) não possuem interesse em fazer uso frequente da ferramenta. Outros 10,71% (n=3) mantiveram-se neutros, não esboçando interesse ou desinteresse no uso frequente (Tabela 4).

**Gráfico 4 -** Frequência de uso



Fonte: Elaboração própria.

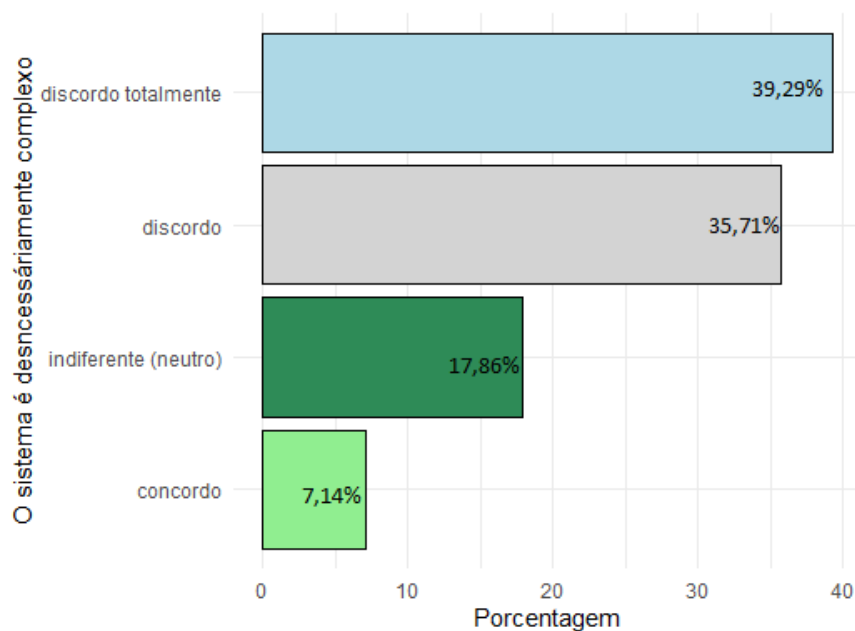
**Tabela 4 -** Frequência de uso

Eu acho que gostaria de usar esse sistema com frequência	Frequência (%)
discordo totalmente	7,14
discordo	3,57
indiferente (neutro)	10,71
concordo	17,86
concordo totalmente	60,71

Fonte: Elaboração própria.

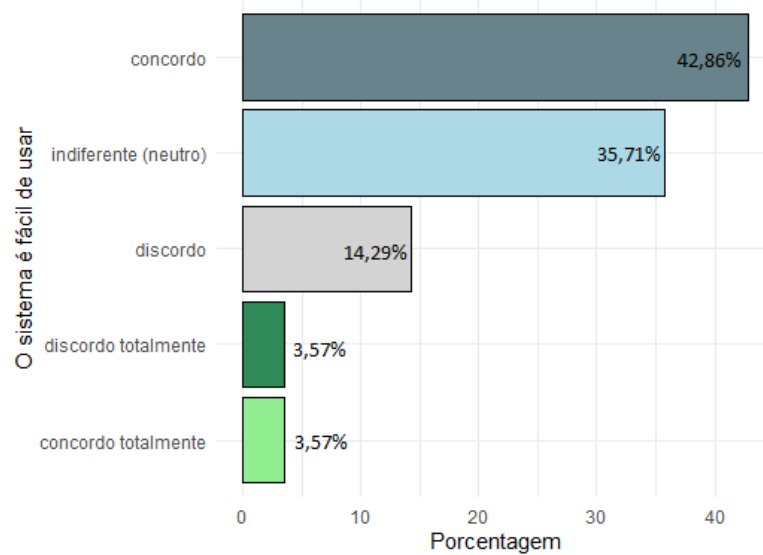
A análise da questão 6 consiste em identificar se o sistema é desnecessariamente complexo. O Gráfico 5 mostra que, aproximadamente, 75% (n=21) dos respondentes não acharam o sistema complexo, apenas 7,14% (n=2) dos participantes acreditam que o sistema é muito complexo, e 17,86% (n=5) dos participantes se mantiveram neutros, não apresentando uma opinião formada sobre a complexidade do sistema.

**Gráfico 5 - Complexidade**



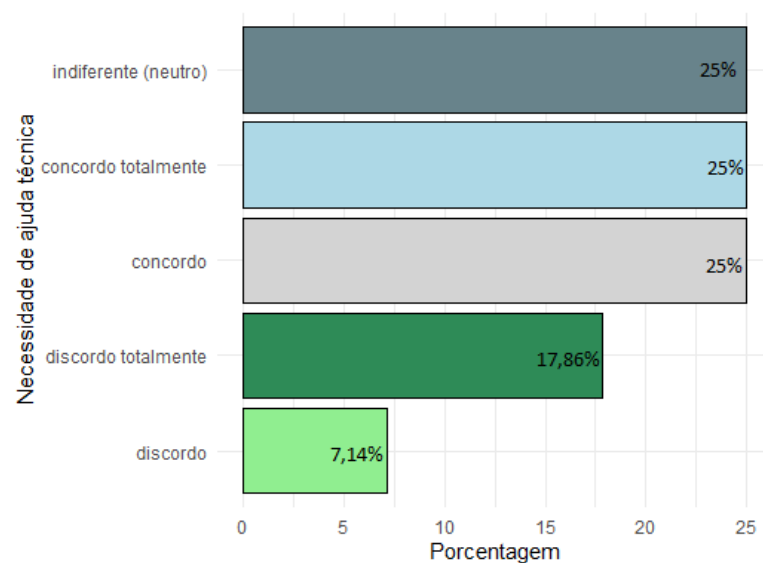
Fonte: Elaboração própria.

Com relação à facilidade de uso do sistema, podemos observar, no Gráfico 6, que a maioria dos respondentes, ou seja, 46,43% (n=13), afirma que a nova ferramenta é de uso fácil (intuitiva), porém cerca de 35,71% (n=10) dos participantes se mantiveram neutros a essa questão e apenas 17,86% (n=5) dos participantes discordaram ou discordaram totalmente da afirmação, ou seja, esses respondentes consideram que a ferramenta não era de uso trivial.

**Gráfico 6 – Facilidade de uso**

Fonte: Elaboração própria.

Na questão 8, é perguntando aos participantes se eles acham que precisariam da ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para conseguir usar o sistema. No Gráfico 7, nota-se que houve um equilíbrio nas respostas dos participantes, e 25% (n=8) se mantiveram neutros, 50% (n=14) acreditam que precisariam de um suporte técnico para conseguir utilizar o sistema e 25% (n=9) não veem a necessidade de ajuda técnica para utilizar o novo *software* de realidade virtual.

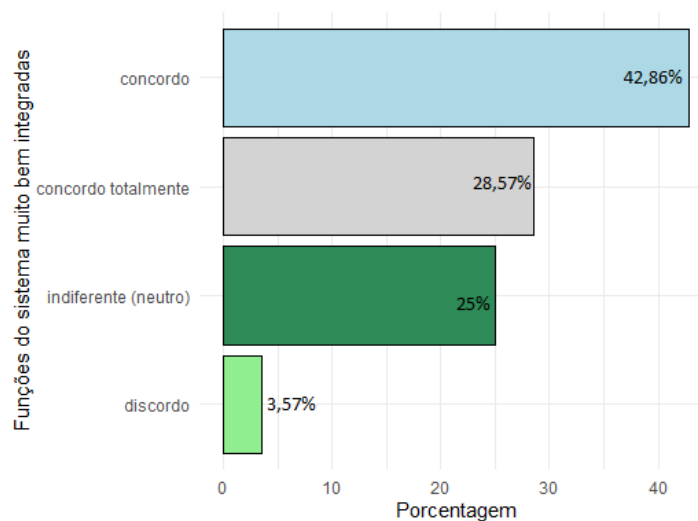
**Gráfico 7 - Auxílio técnico**

Fonte: Elaboração própria.



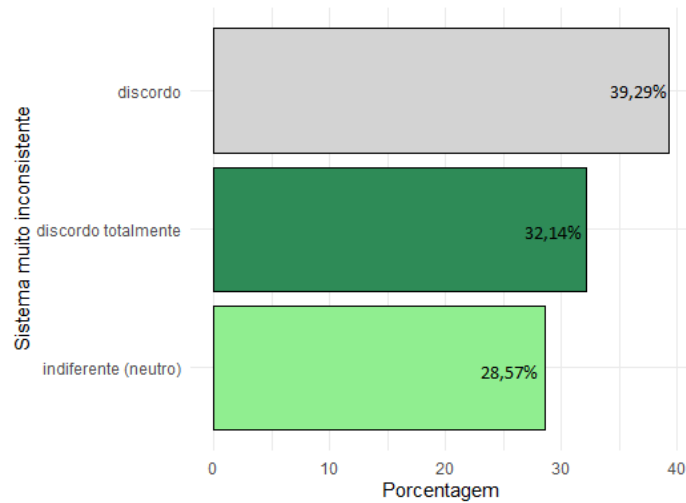
Pensando na funcionalidade do sistema, o autor busca, na questão 9, verificar a satisfação dos usuários com as funções integradas do sistema. Pode-se observar, no Gráfico 8, que, aproximadamente, 72% (n=20) dos respondentes afirmam que o sistema tem funções muito bem integradas, o que é um ponto muito positivo na implementação de novas tecnologias. Tratando-se dos participantes que se mantiveram neutros nesta questão, eles são, aproximadamente, 25% (n=7) da amostra e apenas 3,57% (n=1) dos participantes acharam que o sistema não apresenta funções bem integradas.

**Gráfico 8 -** Funções bem integradas



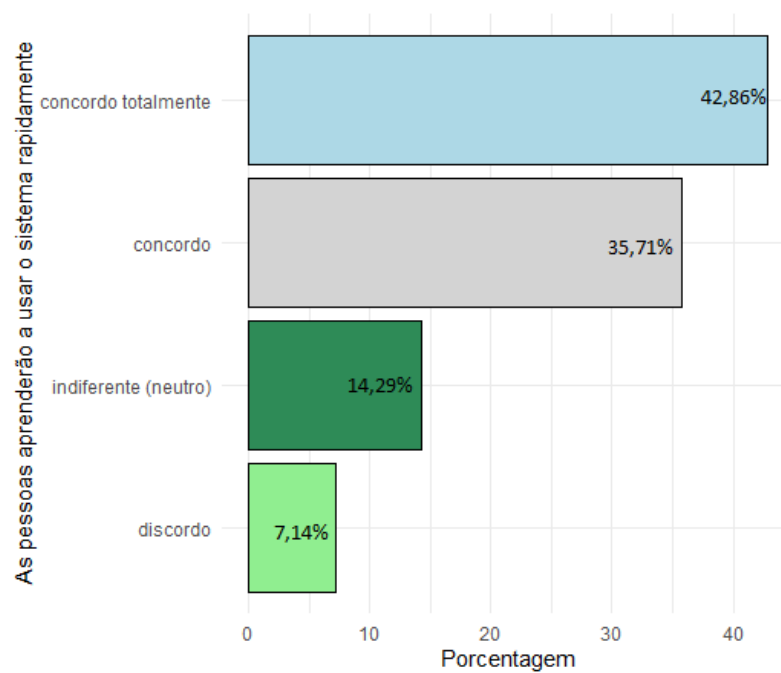
Fonte: Elaboração própria.

A questão 10 busca avaliar a inconsistência do sistema, ou seja, se o cenário virtual apresenta fundamento lógico e coerência. O Gráfico 9 aponta que, aproximadamente, 72% dos participantes (n=20) não acharam o sistema inconsistente em nenhum momento e apenas 28,57% (n=8) se mantiveram neutros a esse questionamento. Ressalta-se que nenhum usuário achou o sistema proposto inconsistente, sendo este um ponto importante e positivo.

**Gráfico 9 - Inconsistência**

Fonte: Elaboração própria.

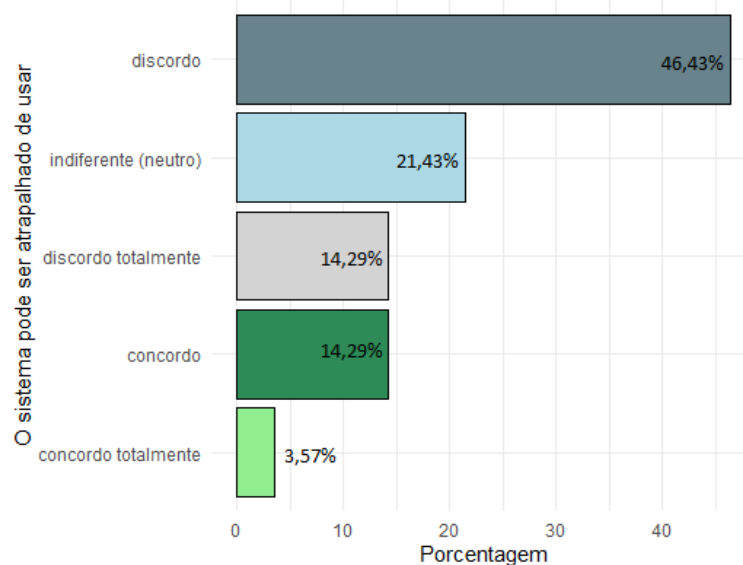
A questão 11 do formulário busca verificar a opinião dos usuários sobre se as pessoas aprenderam a usar o sistema rapidamente. No Gráfico 10, nota-se que, aproximadamente, 79% dos respondentes (n=22) acreditam que as pessoas aprenderam de modo rápido a utilizar o sistema, 14,29% (n=4) indivíduos se mantiveram neutros, e apenas 7,14% (n=2) acreditam que não os sistemas não são de rápida aprendizagem.

**Gráfico 10 - Rápida aprendizagem**

Fonte: Elaboração própria.

A questão 12 busca verificar se o sistema é atrapalhado (confuso, desordenado) de usar de um modo geral. O Gráfico 11 apresenta que cerca de 61% (n=17) dos respondentes não acharam o sistema atrapalhado para ser utilizado, 21,43% (n=6) se mantiveram neutros a essa questão e 17,85% (n=5) acreditam que o sistema é atrapalhado para uso.

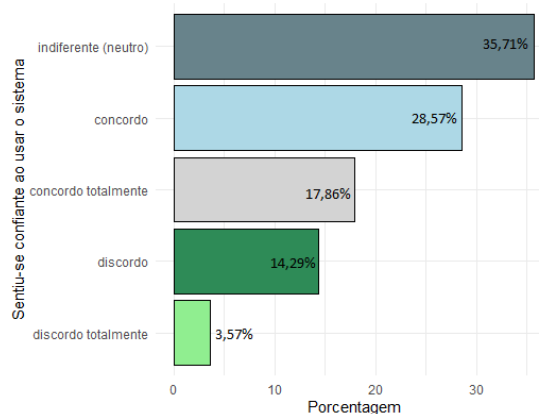
**Gráfico 11 - Uso atrapalhado**



Fonte: Elaboração própria.

A questão 13 busca entender o que o participante achou sobre a sua confiança ao usar o sistema. Observa-se, no Gráfico 12, que 35,71% (10 indivíduos) dos usuários se mantiveram neutros a essa questão. Já 46,43% (13 indivíduos) alegam terem se sentido confiantes ao usar o sistema, apenas 5 participantes não se sentiram confiantes ao usar o novo *software* de realidade virtual.

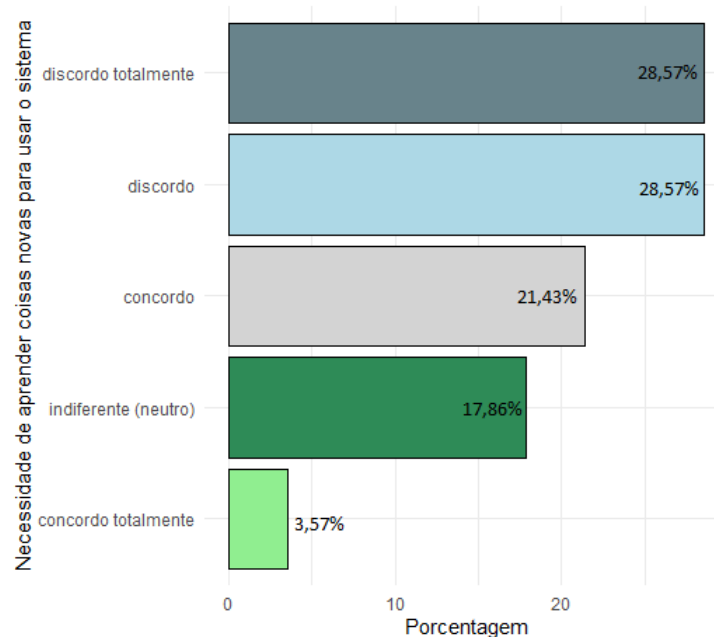
**Gráfico 12 - Confiabilidade para uso**



Fonte: Elaboração própria.

Na questão 14, buscou-se verificar se os usuários necessitaram aprender coisas novas para utilizar o *software* de realidade virtual. No Gráfico 13, pode-se notar que, aproximadamente, 57% (n=16) dos participantes alegam não terem precisado de nenhum novo conhecimento para utilizar a ferramenta; 25% (n=7) apontaram a necessidade de novo aprendizado para fazer uso do sistema; e 17,86% (n=5) se mantiveram neutros nessa questão.

**Gráfico 13** - Necessidade de novo aprendizado.



Fonte: Elaboração própria.

## 6.1 RESULTADOS DO TESTE QUI-QUADRADO

Com o objetivo de verificar a existência de alguma dependência entre as variáveis observadas, aplicou-se o teste Qui-quadrado de independência utilizando o *software livre R-project*. Realizou-se o teste Qui-quadrado par a par (2x2) para a variável Idade e Gênero maneira individual com as 10 variáveis que apresentam respostas em escala *likert* e com a variável que visa identificar se o usuário já participou de uma avaliação de usabilidade.

Nos Quadros 1 e 2, é possível observar o resultado apresentado pelo teste, ressaltando que o valor do  $\alpha$  pré-estabelecido para a aplicação do teste Qui-quadrado neste estudo foi de 0,1, ou seja, considerou-se  $\alpha = 0,1$ . Ressalta-se que os p-valores que estiverem em negrito, tornando-se quatro, são os que deram significativo e serão explicados a seguir.

No cruzamento da variável idade com a variável que indica se ele achou o sistema fácil de usar, obtivemos um valor de  $p = 0,0684$ , no teste de Qui-quadrado. Logo, considerando um

alfa de 0,1 ( $\alpha = 0,1$ ), tem-se evidências para rejeitar a hipótese nula ( $H_0$ ), ou seja, possivelmente, existe uma dependência entre idade do respondente e se ela acredita que o sistema é de fácil uso. Notou-se que respondentes nas faixas etárias de 25, 30, 38, 40 e 48 anos perceberam maior dificuldade no uso do sistema. Respondentes de 50, 55 e 59 anos se mantiveram neutros nesta questão.

Realizou-se o cruzamento da variável idade do respondente, com a questão que identifica se o usuário acredita necessitar da ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para conseguir utilizar o sistema. O resultado do p-valor do teste Qui-quadrado foi de, aproximadamente, 0,0964. Sendo assim, ao nível de significância de 10%, tem-se evidências para rejeitar a hipótese nula ( $H_0$ ), logo, existe uma relação entre a idade do indivíduo e se ele acredita ter necessidade de um auxílio técnico no momento de utilizar o *software* de realidade virtual. Nota-se que os participantes mais jovens com faixa etária de 25 a 29 anos acreditam na necessidade de um auxílio técnico, já os praticantes com mais idade apontam que não necessitam de ajuda técnica, ou se mantiveram neutros a essa questão.

#### Quadro 1 - Resultado do Teste Qui-quadrado - idade

Variável Idade	P-valor
Já participou de avaliação de usabilidade.	0,6913
Eu acho que gostaria de usar esse sistema com frequência.	0,2915
Eu acho o sistema desnecessariamente complexo.	0,3671
Eu achei o sistema fácil de usar.	0,0684
Eu acho que precisaria da ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para conseguir usar o sistema.	0,0964
Eu acho que as várias funções do sistema estão muito bem integradas.	0,6436
Eu acho que o sistema apresenta muita inconsistência.	0,6184
Eu imagino que as pessoas aprenderão a usar esse sistema rapidamente.	0,3543
Eu achei o sistema atrapalhado de usar.	0,6598
Eu me senti confiante de usar o sistema.	0,7933
Eu precisei aprender várias coisas novas para poder usar o sistema.	0,6275

Fonte: Elaboração própria.

Considerando a variável Gênero do respondente, realizou-se o cruzamento dela com a variável que busca identificar se o participante gostaria de utilizar o sistema com frequência. Implementou-se o teste qui-quadrado, e o p-valor obtido foi de, aproximadamente, 0,0449. Então, considerando um nível de significância de 10%, pode-se afirmar que existem evidências para que a hipótese nula ( $H_0$ ) seja rejeitada, ou seja, existe uma dependência entre o gênero do

participante e a frequência que ele gostaria de utilizar o sistema. Nota-se que 37,5% das mulheres não gostariam de usar o sistema com frequência, porém 90% dos homens afirmam que gostariam de utilizar o novo *software* com frequência, sugerindo, assim, que existe diferença entre os gêneros quando respondida essa questão.

Selecionando para a análise o gênero do respondente e a variável que identifica se ele acredita haver a necessidade de auxílio técnico no momento de utilizar a ferramenta, aplicou-se o teste Qui-Quadrado, obtendo-se, assim, um p-valor de 0,0439. Logo, no nível de significância de 10%, tem-se evidências para rejeitar a hipótese nula, ou seja, pode-se afirmar a existência de uma relação entre o gênero e se o usuário acredita necessitar de ajuda técnica. Para esta questão, a maioria dos respondentes do gênero feminino afirmam ter necessidade de ajuda técnica, 35% dos homens afirmam não haver necessidade e 30% se mantiveram neutros; sugerindo que as mulheres apontam necessitar de ajuda técnica.

Considerando a boa integração das funcionalidades do sistema, buscou-se verificar se existe uma relação entre o gênero do respondente, com o fato dele achar que as várias funções do sistema do sistema estão bem integradas. Deste modo, implementou-se o teste Qui-Quadrado, e o resultado do p-valor foi de 0,0818, logo, no nível de significância de 10%, existe evidência para rejeitar  $H_0$ , ou seja, existe uma relação entre o gênero do indivíduo e o que ele acha sobre as funções do sistema serem bem integradas. Para esta questão, 12,5% das mulheres afirmaram que não acharam as funções do sistema bem integradas, todos os homens acreditam que as funções são bem integradas.

Considerando o gênero do respondente, para verificar se existe uma relação com o fato de as pessoas aprenderam a usar o sistema rapidamente, notou-se que, após a implementação do teste, o resultado do p-valor foi de 0,0534, ou seja, no nível de significância de 10%, pode-se dizer que existem evidências para rejeitar a hipótese nula, ou seja, existe uma relação entre as variáveis supramencionadas. Para esta questão, 90% dos respondentes do sexo masculino apontam que acreditam que as pessoas aprenderão a usar o sistema facilmente, porém 25% das mulheres apontam o contrário e 25% se mantiveram neutras.

Após questionar sobre o sentimento de confiança dos respondentes ao usar o sistema, buscou-se verificar a relação entre a variável gênero com a variável que identifica se o respondente se sentiu confiante ao usar o sistema. O resultado do teste Qui-Quadrado apresentou um p-valor de 0,0151 logo, no nível de significância de 10%, rejeita-se  $H_0$ , ou seja, existe uma relação entre as variáveis. Nesta questão, 50% das mulheres não se sentiram confiantes ao usar o sistema e 50% dos homens afirmam se sentirem confiantes ao usar o novo

*software*, tendo, assim, evidências de que existe uma relação entre o gênero do participante e o sentimento de confiança ao usar o *software*.

**Quadro 2** – Resultado do Teste Qui-quadrado – gênero

Variável Gênero	P-valor
Já participou de avaliação de usabilidade.	0,999
Eu acho que gostaria de usar esse sistema com frequência.	0,0449
Eu acho o sistema desnecessariamente complexo.	0,2264
Eu achei o sistema fácil de usar.	0,3751
Eu acho que precisaria da ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para conseguir usar o sistema.	0,0439
Eu acho que as várias funções do sistema estão muito bem integradas.	0,0818
Eu acho que o sistema apresenta muita inconsistência.	0,1765
Eu imagino que as pessoas aprenderão a usar esse sistema rapidamente.	0,0534
Eu achei o sistema atrapalhado de usar.	0,4934
Eu me senti confiante de usar o sistema.	0,0151
Eu precisei aprender várias coisas novas para poder usar o sistema.	0,7152

Fonte: Elaboração própria.

Desta maneira, pode-se observar que existem relações significativamente importantes entre as variáveis supramencionadas, as quais poderão ser analisadas futuramente a fim de auxiliar na tomada de decisão sobre a implementação e o uso do novo *software* de realidade virtual.

## 6.2 ANÁLISE DAS TABELAS DE CONTINGÊNCIA

Como supramencionada, a amostra coletada contém 28 participantes classificados de acordo com sua especialidade, sendo ela R1, R2, R3 e Staff. Buscando verificar, de maneira individual, o que cada grupo respondeu quando questionado sobre a utilização do novo *software*, realizou-se o cruzamento da variável Especialidade com as 10 variáveis que apontam o nível de satisfação do usuário e com a variável que informa se o respondente já participou de alguma avaliação de usabilidade anteriormente. Isto posto, elaboraram-se tabelas de contingência para apresentar os resultados dos cruzamentos das variáveis de interesse.

Na Tabela 5, observa-se o cruzamento entre a especialidade do respondente e se ele já realizou um teste de usabilidade. Nota-se que 5 (todos) dos R1 não participaram. Tratando-se dos R2, 4 afirmam não terem participado anteriormente e 2 afirmam participação anterior. Já

para o R3, 6 dos 9 respondentes nunca haviam participado deste tipo de avaliação e, para o STAFF, 6 não haviam participado e 2 já participaram de uma avaliação de usabilidade.

**Tabela 5 - -** Cruzamento entre as variáveis Especialidade X Avaliação de Usabilidade

Especialidade	JÁ PARTICIPOU DE AVALIAÇÃO DE USABILIDADE?	
	NÃO	SIM
R1	5	0
R2	4	2
R3	6	3
STAFF	6	2

Fonte: Elaboração própria.

Analisando de maneira conjunta a variável especialidade e se os usuários gostariam de utilizar o sistema com frequência, pode-se notar, na Tabela 6, que 3 dos 5 R1 gostariam de utilizar o *software* frequentemente e 2 se mantiveram neutros em relação à questão. Todos os R2 esboçaram interesse no uso frequente da nova ferramenta, 7 dos R3 gostariam de usar o sistema de modo frequente e 2 não utilizariam com tanta frequência. Já quanto ao STAFF, 6 respondentes utilizariam com frequência, 2 não e 1 se manteve neutro.

**Tabela 6 -** Cruzamento entre as variáveis Especialidade X Frequência de Uso

Especialidade	EU ACHO QUE GOSTARIA DE USAR ESSE SISTEMA COM FREQUÊNCIA.				
	concordo	concordo totalmente	Discordo	discordo totalmente	indiferente (neutro)
R1	0	3	0	0	2
R2	1	5	0	0	0
R3	1	6	1	1	0
STAFF	3	3	0	1	1

Fonte: Elaboração própria.

Para a variável de complexidade, na Tabela 7, observa-se que 4 R1 não acham o sistema complexo e apenas 1 se apresentou neutro. Dos R2, 4 apontam que o sistema não é complexo e 2 se abstiveram da questão. Para os R3, 6 afirmam que o sistema não apresenta complexidade, 2 acreditam no contrário e 1 se manteve neutro. Finalizando com o STAFF, 7 indivíduos não acharam o sistema complexo e 1 se absteve.



**Tabela 7 -** Cruzamento entre as variáveis Especialidade X Complexidade

Especialidade	EU ACHO O SISTEMA DESNECESSARIAMENTE COMPLEXO			
	concordo	discordo	discordo totalmente	indiferente (neutro)
R1	0	1	3	1
R2	0	1	3	2
R3	2	3	3	1
STAFF	0	5	2	1

Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 8 mostra que, ao cruzar as variáveis especialidade e facilidade ao usar o sistema, 4 dos R2 afirmam ter facilidade no uso e 1 se manteve neutro, 4 R2 e 5 R3 responderam que não tiveram dificuldades no uso, já no grupo STAFF, 3 afirmam que o sistema não é de fácil uso para eles, 4 se mantiveram neutros.

**Tabela 8 -** Cruzamento entre as variáveis Especialidade e Fácil uso

Especialidade	EU ACHEI O SISTEMA FÁCIL DE USAR				
	Concordo	concordo totalmente	Discordo	discordo totalmente	indiferente (neutro)
R1	2	0	2	0	1
R2	4	0	0	0	2
R3	5	1	0	0	3
STAFF	1	0	2	1	4

Fonte: Elaboração própria.

Para a questão que busca verificar se os participantes acreditam precisar de uma pessoa com conhecimentos técnicos para conseguir usar os sistemas, na Tabela 9, observa-se que 3 R1 afirmam que não necessitam, 3 R2 também afirmam que não necessitam, porém 2 acreditam que seria necessário o auxílio técnico para o uso. Já para os R3, 5 acreditam não haver necessidade e 2 pensam o contrário. Para o STAFF, houve um equilíbrio, 3 usuários responderam que não veem a necessidade de auxílio técnico, e 3 afirmam ser necessário.

**Tabela 9** - Cruzamento entre as variáveis Especialidade X Auxílio Técnico

Especialidade	EU ACHO QUE PRECISARIA DA AJUDA DE UMA PESSOA COM CONHECIMENTOS TÉCNICOS PARA CONSEGUIR USAR O SISTEMA				
	concordo	concordo totalmente	discordo	discordo totalmente	indiferente (neutro)
R1	1	2	0	0	2
R2	1	2	0	2	1
R3	3	2	0	2	2
STAFF	2	1	2	1	2

Fonte: Elaboração própria.

Tratando-se das funções integradas do sistema, nota-se, na Tabela 10, que somente 1 usuário que se enquadra na categoria R1 não acha que as várias funções do sistema não estão muito bem integradas.

**Tabela 10** - Cruzamento entre as variáveis Especialidade X Funções bem integradas

Especialidade	EU ACHO QUE AS VÁRIAS FUNÇÕES DO SISTEMA ESTÃO MUITO BEM INTEGRADAS			
	concordo	concordo totalmente	discordo	indiferente (neutro)
R1	0	2	1	2
R2	3	2	0	1
R3	6	2	0	1
STAFF	3	2	0	3

Fonte: Elaboração própria.

Realizando o cruzamento da variável especialidade com a questão que analisa a consistência do sistema, observa-se, na Tabela 11, que nenhum participante de nenhuma categoria alega ter achado o sistema inconsistente. Já 3 R1, 3 R3 e 2 STAFS se mantiveram neutros a essa questão.

**Tabela 11** - Cruzamento entre as variáveis Especialidade X Inconsistência

Especialidade	EU ACHO QUE O SISTEMA APRESENTA MUITA INCONSISTÊNCIA		
	discordo	discordo totalmente	indiferente (neutro)
R1	0	2	3
R2	3	3	0
R3	3	3	3
STAFF	5	1	2

Fonte: Elaboração própria.

Realizou-se o cruzamento das variáveis especialidade e a questão que busca verificar se os usuários acreditam que as pessoas aprenderam a usar o sistema rapidamente. A Tabela 12 apresenta que 4 R1 acreditam que sim: o sistema será rapidamente aprendido; apenas 1 R1 afirma o contrário, e não teve abstenção para esta questão nesta categoria. No grupo R2, 4 acreditam que o sistema será aprendido de modo rápido e 2 se mantiveram neutros. No grupo R3, 6 afirmam que será aprendido de maneira rápida, 1 discorda e 2 se mantiveram neutros. Todos os STAFFS afirmam que as pessoas aprenderam a usar o *software* rapidamente.

**Tabela 12** - Cruzamento entre as variáveis Especialidade X Rápida aprendizagem

Especialidade	EU IMAGINO QUE AS PESSOAS APRENDERÃO A USAR ESSE SISTEMA RAPIDAMENTE			
	concordo	concordo totalmente	discordo	indiferente (neutro)
R1	1	3	1	0
R2	1	3	0	2
R3	4	2	1	2
STAFF	4	4	0	0

Fonte: Elaboração própria.

Tratando-se do uso atrapalhado, a Tabela 13 demonstra que 1 R1 aponta que sim, o uso do sistema pode ser atrapalhado, 2 discordam e 2 estão neutros nesta questão. Para os R2, todos afirmam que não acharam o sistema atrapalhado de usar e apenas 1 se manteve neutro. No grupo R3, 2 acreditam que o sistema é atrapalhado para uso, 5 discordam desta afirmação e 2 mantiveram neutralidade. Já no grupo STAFF, 2 acham o sistema atrapalhado de usar, 5 pensam o contrário e apenas um se manteve neutro.

**Tabela 13** - Cruzamento entre as variáveis Especialidade e Uso atrapalhado

Especialidade	EU ACHEI O SISTEMA ATRAPALHADO DE USAR				
	concordo	concordo totalmente	Discordo	discordo totalmente	indiferente (neutro)
R1	1	0	2	0	2
R2	0	0	3	2	1
R3	1	1	3	2	2
STAFF	2	0	5	0	1

Fonte: Elaboração própria.

Na Tabela 14, é possível notar que 4 R1 se sentiram confiantes ao usar o sistema, e um se manteve neutro a essa questão. No grupo R2, 4 afirmam terem sentido confiança ao utilizar o *software*, 1 afirma o contrário e 1 se manteve neutro. No grupo R3, apenas 1 se sentiu confiante, 3 afirmam não terem sentido confiança no momento do uso e 5 se mantiveram neutros. No grupo STAFF, 4 afirmam confiança, apenas 1 achou o contrário e 3 se abstiveram desta questão.

**Tabela 14** - Cruzamento entre as variáveis Especialidade X Confiabilidade de uso

Especialidade	EU ME SENTI CONFIANTE DE USAR O SISTEMA				
	concordo	concordo totalmente	Discordo	discordo totalmente	indiferente (neutro)
R1	2	2	0	0	1
R2	3	1	1	0	1
R3	0	1	2	1	5
STAFF	3	1	1	0	3

Fonte: Elaboração própria.

Para finalizar, analisou-se o cruzamento das variáveis especialidade e a necessidade de novo aprendizado para o uso do sistema. Pode-se notar, na Tabela 15, que apenas 1 R1 acredita ser necessário aprender coisas novas para usar o *software* de realidade virtual, 3 discordam desta necessidade e 1 se manteve neutro. No grupo R2, 2 residentes também acreditam precisar de novos aprendizados, já 4 discordam dessa afirmação. No grupo R3, 2 apontam que existe a necessidade de aprender várias coisas novas, 4 discordam e 3 se mantiveram neutros. Já no grupo STAFF, 2 acreditam que é necessário novo aprendizado, 5 discordam e 1 se manteve neutro.

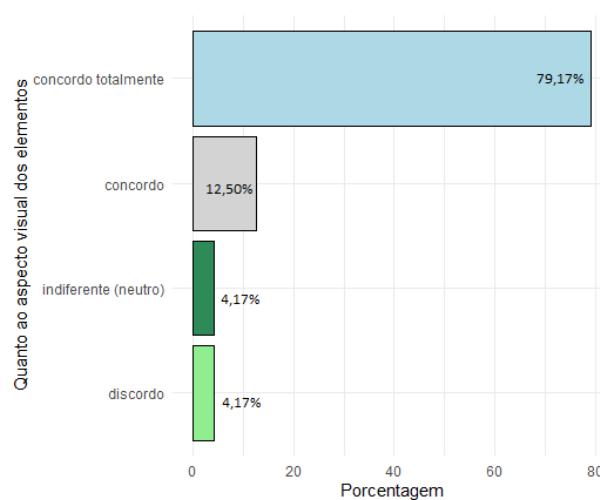
**Tabela 15** - Cruzamento entre as variáveis Especialidade X Novo aprendizado

Especialidade	EU PRECISEI APRENDER VÁRIAS COISAS NOVAS PARA PODER USAR O SISTEMA				
	concordo	concordo totalmente	discordo	discordo totalmente	indiferente (neutro)
R1	1	0	1	2	1
R2	2	0	2	2	0
R3	1	1	2	2	3
STAFF	2	0	3	2	1

Fonte: Elaboração própria.

### 6.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS DAS PERGUNTAS ESPECÍFICAS

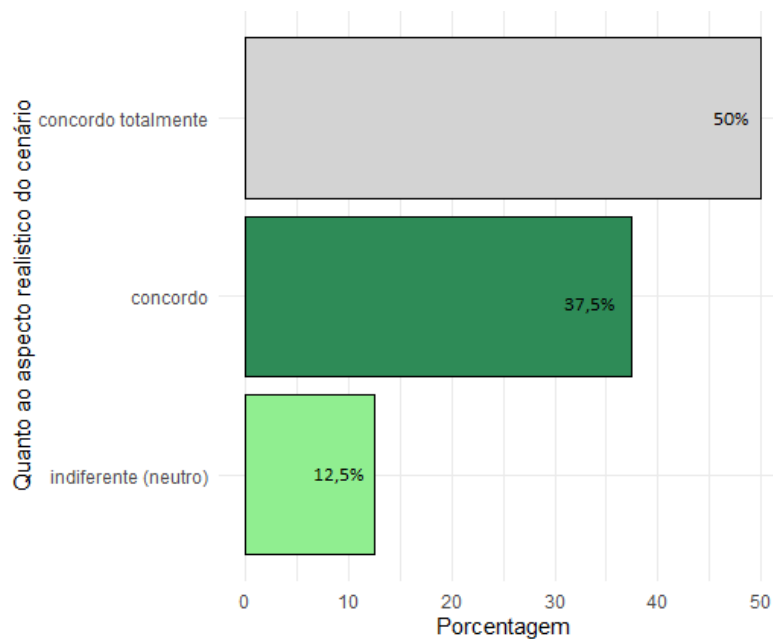
Nesta segunda parte da análise, buscou-se um aprofundamento sobre o nível de satisfação do usuário após utilizar o novo *software* de realidade virtual. Para isto, realizou-se uma entrevista qualitativa com os participantes. Ressalta-se que, nesta entrevista, obteve-se um total de 24 respondentes, o que difere do questionário apresentando anteriormente que continha, a priori, 28 respondentes. Para entender sobre o aspecto visual da nova ferramenta, questionou-se aos usuários suas opiniões. No Gráfico 14, pode-se notar que 79,17% (19 indivíduos) acreditam que o aspecto visual do *software* é excelente, apenas 4,17% (1 indivíduo) não se mostraram satisfeitos com o aspecto visual do *software*, e 1 se manteve neutro neste questionamento.

**Gráfico 14** - Aspecto visual

Fonte: Elaboração própria.

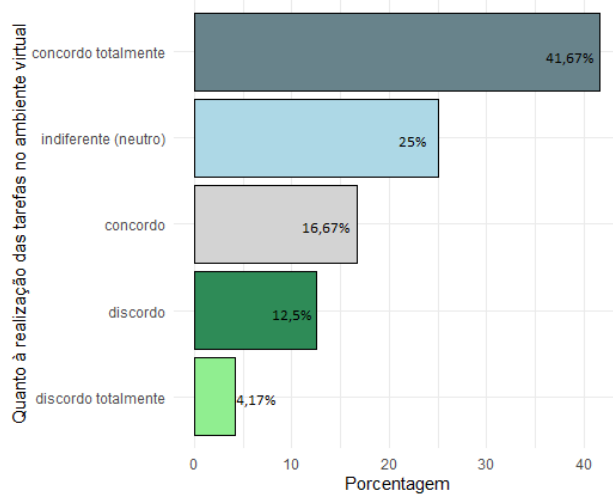
A questão da entrevista qualitativa realizada pelo autor objetiva evidenciar a opinião do participante sobre o aspecto realista do cenário utilizado no *software*. O Gráfico 15 aponta que, aproximadamente, 87,5% dos respondentes acham que o novo *software* apresenta um aspecto realista e apenas 3 usuários de mantiveram neutros nesta questão.

**Gráfico 15 - Aspecto realístico**



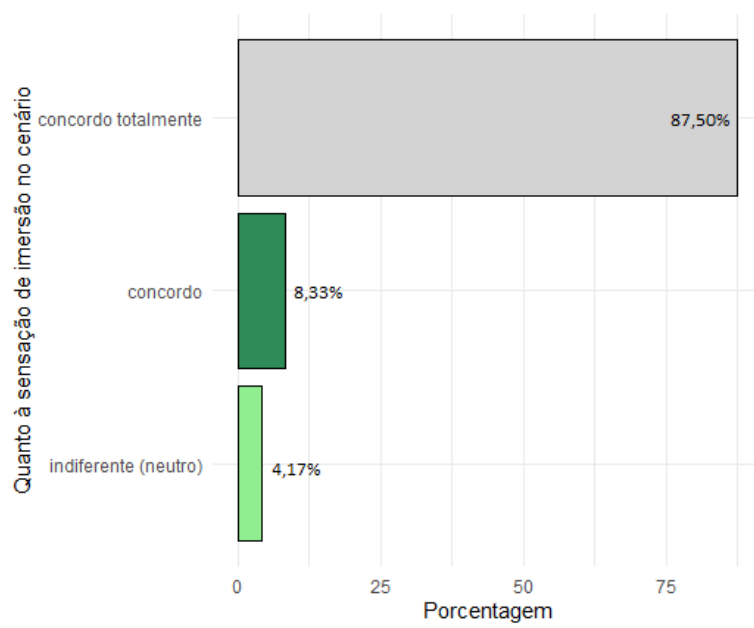
Fonte: Elaboração própria.

No Gráfico 16, é possível observar a opinião dos usuários sobre a realização das tarefas nesse novo ambiente virtual. Nota-se que, aproximadamente, 58,34% (n=14) dos participantes se sentem confortáveis e gostam de realizar tarefas no ambiente virtual, porém 4 dos respondentes não apresentaram boa satisfação na realização das tarefas por meio do ambiente virtual. Nesta questão, 25% (n=6) se mantiveram neutros.

**Gráfico 16 - Tarefas no ambiente virtual**

Fonte: Elaboração própria.

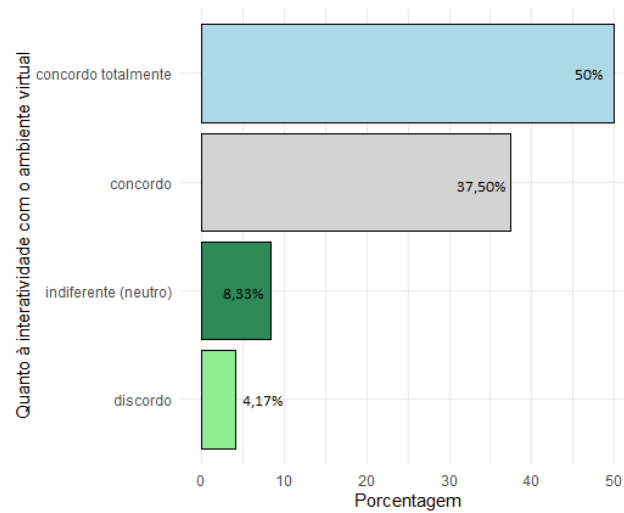
O *software* de realidade virtual busca aproximar, cada vez mais, o mundo digital do real. Com isto, torna-se muito importante conseguir que o usuário tenha uma sensação de imersão total no cenário gerado virtualmente. O Gráfico 17 mostra que, aproximadamente, 95,83% (n=23) se sentiram imersos no cenário e apenas 4,17% (n=1) se mantiveram indiferentes nesta questão. Esse resultado é muito positivo, ao passo que a imersão total no cenário virtual o aproxima, cada vez mais, da realidade.

**Gráfico 17 - Imersão no cenário**

Fonte: Elaboração própria.

O Gráfico 18 aponta o nível da satisfação dos usuários quanto à interatividade com o ambiente virtual. Pode-se notar que cerca de 87,50% (n=21) se mostraram satisfeitos com a interatividade alcançada com o uso do *software* de realidade virtual. Apenas 4,17% (n=1) participantes apresentam opinião contrária à supracitada e 8,33% (n=2) se mantiveram neutros a essa questão.

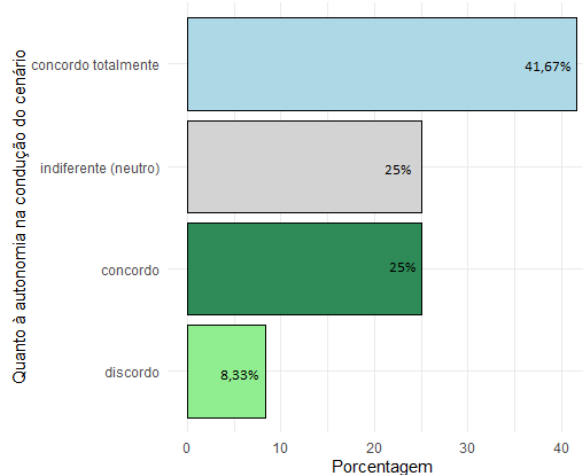
**Gráfico 18 - Interatividade com ambiente virtual**



Fonte: Elaboração própria.

O Gráfico 19 apresenta o nível de satisfação do respondente quanto à autonomia na condução do cenário. Nota-se que 66,67% (n=16) dos participantes acreditam que o *software* possibilita ao usuário autonomia na condução do cenário; 25% (n=6) se mantiveram neutros a essa questão, e apenas 8,33% (n=2) discordam da maioria.

**Gráfico 19 - Autonomia**



Fonte: Elaboração própria.



#### 6.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS DAS PERGUNTAS ABERTAS

Realizou-se uma entrevista (perguntas abertas) com os usuários após utilizarem o *software* de realidade virtual. Na entrevista, foi possível coletar informações sobre a experiência de 25 participantes, pois 1 dos respondentes afirmou não conseguir utilizar o dispositivo como os óculos, devido a tonteiras, à sudorese e a náuseas. Isto posto, com a entrevista, obtiveram-se, então, 24 observações completas, sendo consideradas para as análises  $n = 24$ , ou seja, a mostra contém 24 participantes. O Quadro 3, abaixo, apresenta todas as respostas dadas pelos usuários sobre sua experiência com a utilização da ferramenta.

**Quadro 3** - Respostas dos participantes às perguntas abertas

O QUE MAIS GOSTOU NO SOFTWARE?	O QUE MENOS GOSTOU NO SOFTWARE?	QUAL DAS TAREFAS FOI A MAIS DIFÍCIL?	QUAL PÚBLICO DE ANESTESIOLOGISTAS PODERIA SE BENEFICIAR DA FERRAMENTA?
O realismo	Não especificou	Intubação	Residentes
A imersão	Set up das dosagens na bomba	Intubação	Anestesiistas em geral
Realismo e imersão	O uso de Joystiks	Intubação	Anestesiistas em geral
Possibilidade de diferentes cenários	Bugs na intubação	Intubação	Anestesiistas em geral
O realismo	Dificuldade para intubar	Intubação	Residentes iniciantes
Da tecnologia de RV"	Dificuldade no uso dos dispositivos (ócuços e joystick)	Intubação	Residentes iniciantes
O realismo	O desconhecimento prévio da ferramenta	Intubação	Residentes iniciantes
O design gráfico e a imersão	Dificuldade no uso dos dispositivos (ócuços e joystick)	Mexer nos botões da bomba	Anestesiistas em geral
A dinâmica da indução anestésica	Não resposta do sistema na realização de algumas tarefas	Intubação	Residentes
Interatividade	Falta de conhecimento prévio no uso da bomba	Intubação	Anestesiistas em geral
Imersão	Alguma tarefas não foram fidedignas	Intubação	Residentes iniciantes
Imersão e não colocar o paciente em risco	Alguma tarefas não foram fidedignas	Intubação	Anestesiistas em geral
O realismo	Dificuldade técnica em algumas tarefas	Intubação	Residentes iniciantes
A possibilidade de uso da bomba virtual	Dificuldade técnica em algumas tarefas	Intubação	Anestesiistas em geral
A interatividade	Dificuldade com o joystick	Programa e manusear a bomba	Residentes
A inovação no método de treinamento	A necessidade de ter habilidades motores adequadas para manusear os dispositivos	Intubação	Residentes iniciantes
	Não consigo utilizar os dispositivos (óculos) pois me causa tonteiras, sudorese e náuseas		
Imersão e realismo	Dificuldade com o joystick	Ligar a bomba	Anestesiistas em geral
Design	Não visualização das doses e rótulos nas seringas	Intubação	Anestesiistas em geral
Modalidade de ensino	Dificuldade em algumas tarefas o design gráfico não pareceu muito realístico	Intubação	Anestesiistas em geral
Imersão e realismo	Alguns bugs, as ações são muito pré-definidas, não há forma de retornar ao estágio imediatamente anterior	Intubação	Anestesiistas em geral
Facilidade de uso e realismo	Dificuldade com o joystick	Intubação	Residentes iniciantes
Realismo, boa simulação	Preciso de mais tempo para me acostumar com os botões	Intubação	Residentes
Realismo e fidelidade ao cenário	Dificuldade em realizar algumas tarefas (como segurar as seringas)	Desobstruir o acesso venoso	Anestesiistas em geral
Utilidade como forma de treinamento	Dificuldade com o joystick	Set up da bomba virtual	Anestesiistas em geral

## 6.5 CÁLCULO E RESULTADOS DO SCORE SUS

Nesta seção, buscou-se calcular o Score SUS (*System Usability Scale*). Dado que uma análise de usabilidade não é algo quantitativamente trivial, o teste realizado com usuários reais do produto pode, rapidamente, apontar, de maneira eficiente, as dificuldades encontradas na realização das tarefas.

Atualmente, o *System Usability Scale* trata-se de um dos mais conceituados e consolidados métodos de averiguação do nível de usabilidade de um sistema<sup>74</sup>.

O método foi desenvolvido por John Brooke, em 1986, e permite a avaliação de produtos, serviços, hardware, *software*, websites, dentre outros. Os principais critérios que o SUS auxilia na avaliação são a efetividade, eficiência e satisfação (Gráfico 20).

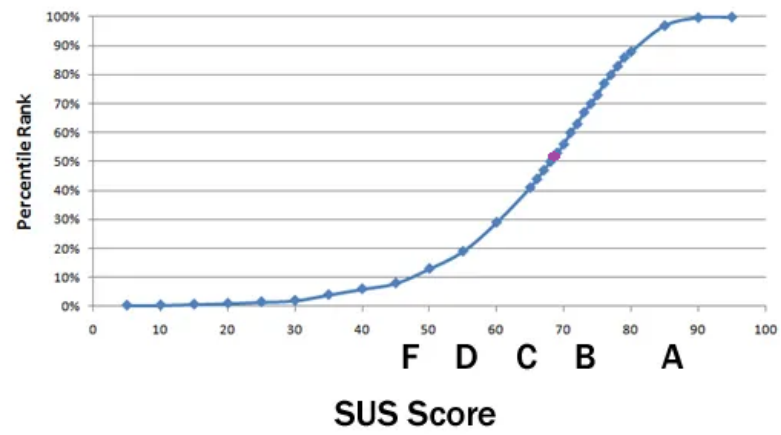
Tem-se que ferramentas tecnológicas com SUS Score entre **0** e **25** pontos são tidas como “pior alcançável”; de **26** a **39**, ruim; **40** a **52**, aceitável; **53** a **74**, bom; **75** a **85**, excelente; e de **86** a **100**, “melhor alcançável”<sup>75</sup>.

Utilizando o *software R-Project*, implementaram-se as funções adequadas para calcular os passos supracitados. A Tabela 16 apresenta um resumo da análise sobre o questionário de usabilidade do novo *software* de realidade virtual, sendo estas questões correspondentes às questões baseadas na escala SUS. Os resultados apontam que a aplicação recebeu uma boa avaliação de usabilidade, apresentando score SUS médio igual a 67,32, com um desvio padrão de 5,01. Também foi calculado o Intervalo de Confiança, sendo possível afirmar, com 95% de confiança, que o score SUS para essa população está entre 62,14 e 72,95 (com margem de erro igual a 4,9). Para atestar a confiabilidade dos dados obtidos, utilizou-se o coeficiente de Cronbach<sup>76</sup>. O valor obtido para esse coeficiente foi de 0,63, caracterizando a amostra como tendo um nível de confiabilidade muito próximo do aceitável, já que 0,70 é considerado o limite inferior para uma confiabilidade aceitável (como visto no trabalho de Sauro, 2011).

**Tabela 16 - Score SUS**

Score	Desvio Padrão	Intervalo de Confiança	Confiabilidade da Amostra
67,32	5,01	62,14 – 72,95	0,63

Fonte: Elaboração própria.

**Gráfico 20 - Score SUS**

Fonte: Adaptado de John Brooke, 1986.

## **7 DISCUSSÃO**

---

## 7 DISCUSSÃO

O ensino médico está passando por importantes transformações nos últimos anos, impulsionado pela demanda do ensino a distância e pelo desenvolvimento de novas tecnologias, como a realidade virtual. Realidade Virtual (RV) é uma tecnologia que possibilita que um sujeito realize tarefas e interaja em ambientes virtuais criados digitalmente. Os equipamentos recentes utilizados para esse fim são capazes de promover uma experiência extremamente imersiva. Esse tipo de experiência imersiva em treinamentos, por sua vez, contribui para um maior senso de presença e tem demonstrado resultados positivos, em termos de aprendizado, quando observamos estudos provenientes de outras indústrias de alto risco, tais como a aeroespacial<sup>77</sup>.

Na área da Saúde, diversas aplicações utilizando realidade virtual têm sido identificadas à medida que a pesquisa nesse campo evolui<sup>78-80</sup>. Desde 2020, mais de 1.000 artigos científicos relacionados à aplicação da realidade virtual no tratamento da ansiedade; em procedimentos extremamente dolorosos; no tratamento de fobias e no ensino em Saúde foram registrados no site Clinical Trials.gov, nos Estados Unidos da América<sup>81</sup>.

Dada a importância da aplicação da realidade virtual na área da Saúde, torna-se imperativo garantir que o uso dessa tecnologia seja o mais intuitivo possível e fácil de adotar para aqueles que são novos usuários. Portanto, é fundamental implementar testes de usabilidade, especialmente se consideramos a extensa e heterogênea base de usuários (pacientes, profissionais de saúde, familiares, etc.). Apesar da escassez de pesquisas sobre usabilidade de aplicações que utilizam realidade virtual na Saúde, podemos aprender sobre como testar e tornar os sistemas mais fáceis e intuitivos a partir de lições aprendidas em outras disciplinas, como a Engenharia de Fatores Humanos, por exemplo. Essa disciplina estuda a interação do ser humano e o sistema em que está inserido (incluindo *hardwares*, *softwares*, aplicativos, plataformas web, dispositivos etc.), com o objetivo de ajustar o design de equipamentos e *softwares* a suas necessidades e limitações, ao invés de esperar que se adaptem aos designs propostos<sup>82</sup>.

Avaliar a usabilidade de um *software* de realidade virtual permite identificar o melhor design de interface com o usuário (UI). Uma interface considerada ideal deverá promover a melhor relação entre imersão e eficiência, de forma que o usuário se sinta imerso no ambiente virtual, mas, ao mesmo tempo livre, para executar as funções e tarefas, como se estivesse no mundo real<sup>83</sup>.

Por usabilidade, entende-se o quão simples e fácil a tecnologia pode ser para determinado usuário. Segundo Sutcliffe e Kaur, a usabilidade de uma tecnologia pode ser avaliada por meio de um modelo composto por três ciclos, nessa ordem: 1) realização de tarefas no ambiente virtual; 2) exploração e navegação no ambiente virtual de forma independente; e 3) interação e respostas a iniciativas do próprio sistema<sup>84</sup>.

A realização das tarefas tem relação com os objetivos de aprendizado e deve ser reconhecida, de forma autônoma, pelo usuário (ciclo 1). As tarefas são, geralmente, um conjunto de ações a ser efetuado na interação do usuário com elementos do ambiente virtual. Se os elementos envolvidos na realização da tarefa inicial não foram identificados facilmente, então, o usuário deverá procurar por eles no ambiente virtual até achá-los ou desistir (ciclo 2). Uma vez identificados os elementos necessários para a realização das tarefas, o usuário deverá exercer ações específicas. Ações em sequência podem gerar respostas do sistema, permitindo que o usuário as interprete e reajuste suas ações futuras de acordo com sua avaliação (ciclo 3). No caso da realização correta das ações e ao finalizar uma tarefa, o usuário parte para o próximo objetivo de aprendizado, por meio de novas tarefas (volta ao ciclo 1).

Esses modelos de interação são, geralmente, descritos para usuários novos ou principiantes. No caso de usuários mais habilitados no uso da tecnologia, os ciclos ocorrem automaticamente, de forma que a orientação, navegação e interação no sistema pode ser reduzida. Esse modelo de avaliação de usabilidade pode ser útil na formatação de perguntas a serem elaboradas para o aperfeiçoamento de processos de ensino com a tecnologia.

Além da demanda por métodos de avaliação de usabilidade, o uso da tecnologia de realidade virtual requer soluções para alguns problemas já observados, tais como: a tonteira relacionada ao movimento da cabeça<sup>85</sup> e a geração de vários tipos de sensações táteis<sup>86</sup>.

Os critérios avaliados em testes de usabilidade nos últimos anos são diversos. Em nossa pesquisa, procuramos utilizar os critérios de avaliação da usabilidade em ambientes virtuais desenvolvidos por Bowman e cols., em 2002<sup>87</sup>, para determinar os principais modos de interação do usuário com o sistema a ser avaliado. Nesse sentido, avaliamos essencialmente: a) o passo a passo para a realização de uma tarefa; b) a qualidade dos elementos gráficos; c) o desempenho físico do usuário; d) a interação do usuário com a interface do sistema; e) além de uma avaliação heurística complementar.

A avaliação do passo a passo na realização de uma tarefa é um método de avaliação formativa que acessa a capacidade do usuário completar uma tarefa, assim como, sua capacidade de navegar pelo ambiente virtual e de responder às alterações do sistema. Essa avaliação, baseada no modelo de interação de Norman<sup>88</sup>, acessa a capacidade mental e física do

usuário no ambiente virtual, e é fundamentada na premissa de que os usuários aprendem a usar a tecnologia por meio de um processo de autoexploração<sup>89</sup>. Em nossa pesquisa, apesar de ser uma experiência inédita para a grande maioria dos usuários, 58% dos usuários relataram sentir-se confortável ao realizar as tarefas no ambiente virtual (vide Gráfico 16) e cerca de 66% relataram boa autonomia na condução do caso simulado (vide Gráfico 19).

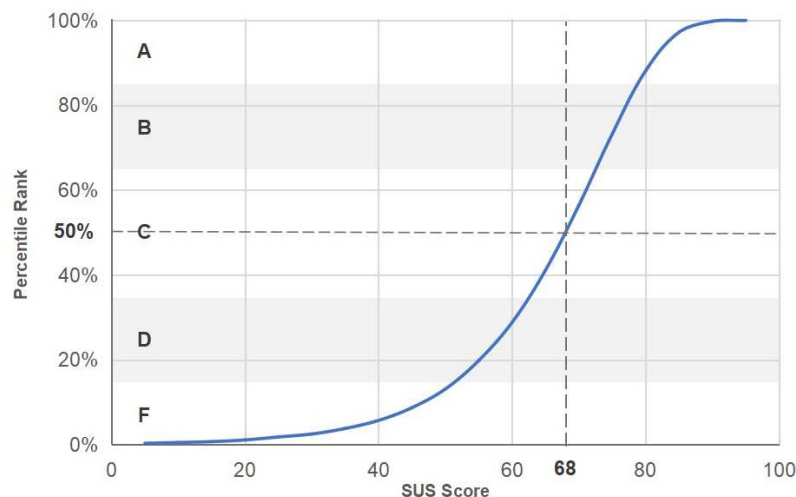
A qualidade dos gráficos e a fidelidade dos elementos físicos gerados no ambiente virtual pode influenciar a percepção e a interação do usuário com o sistema<sup>90</sup>. Segundo Rezazadeh e cols.<sup>91</sup>, os sistemas que aplicam a tecnologia de realidade virtual devem ser convincentemente realísticos para seus usuários e, nesse sentido, o desempenho dos elementos físicos é uma chave determinante para o nível de imersão. O desempenho desses elementos físicos vai determinar a maior ou menor facilidade na realização das tarefas, as quais podem ser cronometradas e receber scores. Os autores ainda consideram importante a avaliação da carga cognitiva empregada na realização das tarefas (por exemplo, ao compará-las com a realização das mesmas tarefas no mundo real) para identificar questões relativas à usabilidade do sistema<sup>91</sup>. Em nossa pesquisa, cerca de 79% dos usuários classificaram o aspecto dos gráficos como excelente (vide Gráfico 14); 87,5% como sendo bem realísticos (vide Gráfico 19); 95,8% se sentiram imersos no ambiente virtual (vide Gráfico 17) e 87,5% mostraram-se satisfeitos com a interatividade gerada.

Nesse trabalho, procuramos utilizar o questionário SUS (*System Usability Scale*) para avaliar a usabilidade do *software* de realidade virtual por ser uma das ferramentas que abrange a totalidade dos critérios determinados acima<sup>92</sup>. O questionário SUS tem sido popularmente utilizado para avaliação de usabilidade em diversos estudos. Tullis e Stetson avaliaram a usabilidade de dois websites usando cinco diferentes questionários (incluindo o *Questionnaire for User Interaction Satisfaction – CSUQ*; o *System Usability Scale – SUS*; o *Computer System Usability Questionnaire – CSUQ*; e duas outras pesquisas de vendedores específicos) e concluíram que o SUS demonstrou os resultados mais rápidos e confiáveis em uma ampla gama de tamanhos de amostras<sup>93</sup>. No entanto, uma revisão sistemática sobre avaliação de usabilidade de sistemas de telemedicina<sup>94</sup> recomenda tanto a utilização do SUS quanto de outras ferramentas (por exemplo: TAM e PSSUQ), por serem métodos baratos e flexíveis, podendo ser utilizados tanto na fase de prototipagem quanto nas fases finais de testes. Nesse estudo, os autores concluem que a utilização de métodos mistos (quantitativos e qualitativos) pode ser preferível para se obter resultados mais completos sobre a usabilidade de sistemas de telemedicina.

Apesar de sua simplicidade, há uma questão com relação ao verdadeiro significado deste score na interpretação da usabilidade de um sistema ou produto. O que representa em, termos de usabilidade, o valor absoluto obtido no score SUS?

Segundo Sauro<sup>95</sup>, devemos interpretar o resultado absoluto do SUS não como um percentual, mas sim relacioná-lo em uma escala de percentis para fins de comparação com outros resultados. Neste trabalho, o autor baseou-se em uma extensa base de dados para construir a seguinte escala percentil para resultados SUS, em que podemos observar que um valor de resultado SUS igual a 68 corresponde a um percentil 50% na escala, ou seja, um valor considerado na média.

**Gráfico 21** - Curva de percentil do SUS



Fonte: Sauro J. *A practical guide to the System Usability Scale: Background, benchmarks & best practices*, 2011.

Com a intenção de facilitar ainda mais o entendimento sobre os resultados SUS, Bangor e cols. acrescentaram uma décima primeira pergunta ao questionário SUS para avaliar a percepção global do indivíduo sobre a sua experiência com o produto. O usuário deveria assinalar a melhor resposta em uma escala de sete adjetivos, representados por letras do alfabeto (por exemplo: A = melhor possível; F = pior possível). Os autores identificaram que há uma estreita correlação entre os scores SUS e a classificação dos termos de adjetivos, concluindo que cada produto pode obter uma gradação associada ao seu score SUS<sup>75</sup>. Esse trabalho comprovou que adicionando uma pergunta essencialmente subjetiva ao final do questionário SUS ajudava na compreensão coletiva do significado do score SUS para determinado produto avaliado.



Com relação à avaliação do *software* de realidade virtual em questão, buscamos verificar o grau de facilidade de uso e a sua relevância, como ferramenta de ensino, no manuseio de uma bomba de infusão alvo-controlada muito específica (no caso, a Terufusion de Propofol (Modelo: Terumo TE 372 TCI/TIVA – Fabricado por Terumo Corporation, Tóquio, Japão). Pudemos identificar um score SUS (valor absoluto) de 67,32 (praticamente 68), equivalendo a um percentil muito próximo de 50%. Segundo o estudo citado anteriormente, esse valor poderia ser considerado ACEITÁVEL ou próximo à classificação BOM (equivalente a letra C), na escala de adjetivos.

## **8 CONCLUSÃO**

---

## 8 CONCLUSÃO

Esse trabalho apresentou o processo de idealização, criação, utilização e avaliação de um *software* de realidade virtual como potencial ferramenta de ensino em Anestesiologia. Foram descritos a metodologia de co-design no desenvolvimento do *software*, os passos realizados para sua utilização com diferentes grupos de anesthesiologistas, e os critérios e cálculos estatísticos utilizados para a avaliação de usabilidade.

A partir da análise realizada após a utilização em campo, verificou-se que a ferramenta desenvolvida apresentou um nível aceitável de usabilidade no questionário SUS (ou seja, capacidade de aprendizado, facilidade de uso e satisfação), corroborando com resultados positivos em termos de imersão, fidelidade e interatividade (resultado das perguntas específicas), foi considerada uma ferramenta útil pelos participantes do estudo para uso futuro no treinamento e na prática no uso da bomba de infusão Terufusion de Propofol (Modelo: Terumo TE 372 TCI/TIVA – Fabricado por Terumo Corporation, Tóquio, Japão). Esse fato nos incentiva a continuar na pesquisa por aprimoramento do uso desta ferramenta no ensino em Anestesiologia.

## **REFERÊNCIAS**

---

**REFERÊNCIAS**

1. Nimmo AF, Absalom AR, Bagshaw O, Biswas A, Cook TM, Costello A, Grimes S, Mulvey D, Shinde S, Whitehouse T, Wiles MD. Guidelines for the safe practice of total intravenous anaesthesia (TIVA): Joint Guidelines from the Association of Anaesthetists and the Society for Intravenous Anaesthesia. *Anaesthesia*. 2019 Feb;74(2):211-224.
2. Price HL, Kovnat PJ, Safer JN, Conner EH, Price ML. The uptake of thiopental by body tissues and its relations to duration of narcosis. *Clin Pharmacol Ther*. 1960;1(1):16-22.
3. Sahinovic MM, Struys MMRF, Absalom AR. Clinical Pharmacokinetics and Pharmacodynamics of Propofol. *Clin Pharmacokinet*. 2018 Dec;57(12):1539-1558.
4. Nora FS. anestesia venosa total em regime de infusão alvo-controlada. uma análise evolutiva. *Rev Bras Anesthesiol*. 2008;58(2):179-92.
5. Snodgrass D. Smart pump technology. *Biomed Instrum Technol*. 2005 Nov-Dec;39(6):444-6.
6. Institute for Safe Medication Practices. 2014 Proceedings from ISMP. Summit on the use of smart infusion pumps: Guidelines for safe implementation and use: 1-9; Jun 2014.
7. Pang RKY, Kong DCM, Clifford JM, Lam B. Smart infusion pumps reduce intravenous medication administration errors in an Australian teaching hospital. *J Pharm Pract Res*. 2011;40(3):192-5.
8. Pandit JJ, Andrade J, Bogod DG, Hitchman JM, Jonker WR, Lucas N, Mackay JH, Nimmo AF, O'Connor K, O'Sullivan EP, Paul RG, Palmer JH, Plaat F, Radcliffe JJ, Sury MR, Torevell HE, Wang M, Hainsworth J, Cook TM; Royal College of Anaesthetists; Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland. 5th National Audit Project (NAP5) on accidental awareness during general anaesthesia: summary of main findings and risk factors. *Br J Anaesth*. 2014 Oct;113(4):549-59.
9. Williams CK, Maddox RR. Implementation of an i.v. medication safety system. *Am J Health Syst Pharm*. 2005 Mar 1;62(5):530-6.
10. Institute of Medicine (US) Committee on Quality of Health Care in America. *To Err is Human: Building a Safer Health System*. Kohn LT, Corrigan JM, Donaldson MS, editors. Washington (DC): National Academies Press (US); 2000.
11. Keebler JR, Lazzara EH, Blickensderfer E, Looke TD. Human Factors Applied to Perioperative Process Improvement. *Anesthesiol Clin*. 2018 Mar;36(1):17-29.
12. Webster CS, Stabile S, Mery AF. The challenges of technological intensification. *Circulation*, 2009;24(3):33-4.
13. Jones CPL, Fawker-Corbett J, Groom P, Morton B, Lister C, Mercer SJ. Human factors in preventing complications in anaesthesia: a systematic review. *Anaesthesia*. 2018 Jan;73(Suppl 1):12-24.

14. Billstein-Leber M, Carrillo CJD, Cassano AT, Moline K, Robertson JJ. ASHP Guidelines on Preventing Medication Errors in Hospitals. *Am J Health Syst Pharm.* 2018 Oct 1;75(19):1493-517.
15. World Health Organization. World alliance for patient safety: WHO draft guidelines for adverse event reporting and learning systems: from information to action. Geneva: World Health Organization; 2005. Available from: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69797/WHO-EIP-SPO-QPS-05.3-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
16. Reason J. Human error: models and management. *BMJ.* 2000 Mar 18;320(7237):768-70.
17. Salvendy G. Handbook of human factors and ergonomics. 2 ed. New York: John Wiley and Sons, INC, 1997. 2137p.
18. Sawyer D. Do It by design: an introduction to human factors in medical devices. 1997. Available from: [https://elsmar.com/pdf\\_files/FDA\\_files/DOITPDF.PDF](https://elsmar.com/pdf_files/FDA_files/DOITPDF.PDF).
19. Gosbee J, Lin L. The role of human factors engineering in medical device and medical systems errors. In: Vincent C, editor. *Clinical Risk Management: Enhancing Patient Safety.* 2000. p. 301-18.
20. Kirkendall ES, Timmons K, Huth H, Walsh K, Melton K. Human-based errors involving smart infusion pumps: a catalog of error types and prevention strategies. *Drug Saf.* 2020 Nov;43(11):1073-1087.
21. Madhivathanan P, Kasivisvanathan R, Cohen A. Training in total intravenous anaesthesia: a regional survey. *Anaesthesia.* 2009 Dec;65:540-2.
22. Ibarra-Pérez R, Puértolas-Balint F, Lozano-Cruz E, Zamora-Gómez SE, Castro-Pastrana LI. Intravenous administration errors intercepted by smart infusion technology in an adult Intensive Care Unit. *J Patient Saf.* 2021 Sep 1;17(6):430-436.
23. Lyons I, Furniss D, Blandford A, Chumbley G, Iacovides I, Cox A, Mayer A, Voz J, Galal-Edeen GH, Schnock KO, Dykes PC, Bates DW, Franklin BD. Errors and discrepancies in the administration of intravenous infusions: a mixed methods multihospital observational study. *BMJ Qual Saf.* 2018;27(11):892–901.
24. Bogner MS. Designing medical devices to reduce the likelihood of error. *Biomed Instrum Technol.* 1999 Mar-Apr;33(2):108-13.
25. Mulder M. Conceptions of professional competence. In: Billet S, Harteis C, Gruber H, editors. *International Handbook of Research in Professional and Practice-Based Learning.* Dordrecht: Springer; 2014. p.107-37.
26. Vinagre R, Tanaka P, Tardelli MA. Competency-based anesthesiology teaching: comparison of programs in Brazil, Canada and the United States. *Braz. J Anesth.* 2021;71(2):162-70.

27. Smith A, Goodwin D, Mort M, Pope C. Expertise in practice: an ethnographic study exploring acquisition and use of knowledge in anaesthesia. *Br J Anaesth*. 2003 Sep;91(3):319-28.
28. Duvivier RJ, van Dalen J, Muijtjens AM, Moulaert VR, van der Vleuten CP, Scherpbier AJ. The role of deliberate practice in the acquisition of clinical skills. *BMC Med Educ*. 2011 Dec 6;11(1):101.
29. Kulcsar Z, Aboulafia A, Hall T, Shorten GD. Determinants of learning to perform spinal anaesthesia: a pilot study. *Eur J Anaesthesiol*. 2008 Dec;25(12):1026-31.
30. National Medical Commission. Guidelines for competency based postgraduate training programme for MD in anaesthesiology. Available from: <https://www.nmc.org.in/wp-content/uploads/2019/09/MD-Anesthesia.pdf>.
31. Gaba DM. The future of simulation in healthcare. *Qual Saf Health Care* 2004;13:i2-10.
32. Haggard EA. Learning a process of change. *Readings in human learning*. LD Crow and A. Crow (eds). New York. McKay, 1963, p 19-27.
33. Burton WH. Basic principles in a good teaching situations. *Readings in human learning*. LD, Crow, and A. Crow (eds). New York: McKay, 1963 pp 7-19.
34. Greeno JG, Collins AM, Resnick LB. Cognition and learning. In: *Handbook of educational psychology*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1996: 15-46.
35. O'Loughlin M. Rethinking science education: Beyond Piaget Constructivism toward a social cultural model of teaching and learning. *J Res Sci Teach*. 1992;29(8):791-820.
36. Vygotsky L. *Construção do pensamento e da linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 2011. 521p.
37. Liu PL, Liu LMP. A practical guide to implementing problem-based learning in anesthesia. *Curr Anesth Crit Care*. 1997. 8(4):146-51.
38. Al-Dubbaisi H, Roy R, Patel VN, Parekh KP, Rizvi KSA. Teaching medical students clinical anesthesia: a view from the United Kingdom. *Anesth Analg*. 2018 Nov;127(5):e89-e90.
39. Kary AL, Gomez J, Raffaelli SD, Levine MH. Preclinical local anesthesia education in dental schools: a systematic review. *J Dent Educ*. 2018 Oct;82(10):1059-64.
40. Harasim I. *Learning theory and online technologies*. 2nd ed. New York. NY. Routledge, 2017. 212p.
41. Knowles M. *Appying modern principles of adult learning*. San Francisco, CA. Jossey Bass. 1984. 444p.
42. McEvoy MD, Hand WR, Stoll WD, Furse CM, Nietert PJ. Adherence to guidelines for the management of local anesthetic systemic toxicity is improved by an electronic decision support tool and designated "Reader". *Reg Anesth Pain Med*. 2014 Jul-Aug;39(4):299-305.

43. Breining G. Future or fad? Virtual reality in medical education. AAMC News. Aug 28, 2018. Available from: <https://www.aamc.org/news/future-or-fad-virtual-reality-medical-education>.
44. Castanelli DJ. The rise of simulation in technical skills teaching and the implications for training novices in anaesthesia. *Anaesth Intensive Care*. 2009 Nov;37(6):903-10.
45. Bilotta FF, Werner SM, Bergese SD, Rosa G. Impact and implementation of simulation-based training for safety. *Scient World J*. 2013 Nov 7;2013:652956.
46. Lande-Marghade P. Role of simulation in anesthesia. *J Anesth Crit Care Rep*. 2015 Oct-Dec;1(2):1-2.
47. ACGME/ABMS Joint Initiative, Attachment/Toolbox of Assessment Methods ACGME Competences: Suggested Best Methods for Evaluation. Version 1.1 September 2000.
48. Ericsson KA. Acquisition and maintenance of medical expertise: a perspective from the expert-performance approach with deliberate practice. *Acad Med*. 2015 Nov;90(11):1471-86.
49. Cook DA, Hatala R, Brydges R, Zendejas B, Szostek JH, Wang AT, Erwin PJ, Hamstra SJ. Technology-enhanced simulation for health professions education: a systematic review and meta-analysis. *JAMA*. 2011 Sep 7;306(9):978-88.
50. Oliveira MK. Vygostky: aprendizado e desenvolvimento, um processo sócio-histórico. Série: Pensamento e ação no magistério. São Paulo: Ed. Scipione. 1997. 112p.
51. Schon DA. *The reflexive practioner: how professionals think in action*. London: Temple Smith, 1983. 384p.
52. Sawyer T, Eppich W, Brett-Fleegler M, Grant V, Cheng A. More than one way to debrief: a critical review of healthcare simulation debriefing methods. *Simul Healthc*. 2016 Jun;11(3):209-17.
53. Lorello GR, Cook DA, Johnson RL, Brydges R. Simulation-based training in anaesthesiology: a systematic review and meta-analysis. *Br J Anaesth*. 2014 Feb;112(2):231-45.
54. Battista A, Nestel D. Simulation in medical education. In: *Understanding medical education* [Internet]. John Wiley & Sons, Ltd; 2018. p. 151-62.
55. Cook DA Hatala R, Brydges R. Technology-enhanced simulation for health professions education: A systematic review and meta-analysis. *JAMA*. 2011;306(9):978-88.
56. Zendejas B, Brydges R, Wang AT, Cook DA. Patient outcomes in simulation-based medical education: a systematic review. *J Gen Intern Med*. 2013 Aug;28(8):1078-89.
57. McIntosh C, Macario A, Flanagan B, Gaba DM. Simulation: what does it really cost? *Simul Health*. 2006;1(2):109.



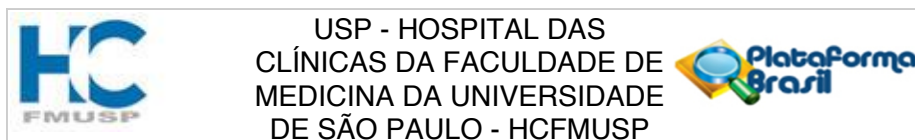
58. Mihelj M, Novak D, Begus S. Introduction to virtual reality. In: Mihelj M, Novak D, Beguš S, editors. Virtual reality technology and applications [Internet]. Dordrecht: Springer Netherlands; 2014. p. 1-16. (Intelligent Systems, Control and Automation: Science and Engineering). Available from: [https://doi.org/10.1007/978-94-007-6910-6\\_1](https://doi.org/10.1007/978-94-007-6910-6_1).
59. Hudson K, Taylor LA, Kozachik SL, Shaefer SJ, Wilson ML. Second Life simulation as a strategy to enhance decision-making in diabetes care: a case study. *J Clin Nurs*. 2015 Mar;24(5-6):797-804.
60. Sherman WR, Craig AB. Understanding virtual reality (interface, application and design). Massachusetts: Morgan Kaufman Publishers. 2018. 856p.
61. Radianti J, Majchrzak TA, Fromm J, Wohlgenannt I. A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Comput Educ*. 2020 Apr 1; 147:103778.
62. Bracq MS, Michinov E, Jannin P. Virtual reality simulation in nontechnical skills training for healthcare professionals: a systematic review. *Simul Healthc*. 2019 Jun;14(3):188-94.
63. Graafland M, Schraagen JM, Schijven MP. Systematic review of serious games for medical education and surgical skills training. *Br J Surg*. 2012 Oct;99(10):1322-30.
64. Rogers L. Developing simulation in multiuser in virtual environments to enhance healthcare education. *Br J Educ Technol*. 2011;42(4):608-15.
65. Bric JD, Lumbard DC, Frelich MJ, Gould JC. Current state of virtual reality simulation in robotic surgery training: a review. *Surg Endosc*. 2016 Jun;30(6):2169-78.
66. Baniyadi T, Ayyoubzadeh SM, Mohammadzadeh N. Challenges and practical considerations in applying virtual reality in medical education and treatment. *Oman Med J*. 2020 May 18;35(3):e125.
67. Porcino T, Trevisan D, Clua E. A cybersickness review: causes, strategies, and classification methods. *J Interact Systems*. 2021;12(1):269-82.
68. Porcino T.M., Clua E.W., Vasconcelos C.N., Trevisan D., Valente L. Minimizing cyber sickness in head mounted display system: design guidelines and applications. Proceedings of the 2017 IEEE 5th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH); Perth, WA, USA. 2-4 April 2017.
69. Preuveneers D, Novais P. A survey of *software* engineering best practices for the development of smart applications in ambient intelligence. *J Amb Intellig Smart Environ*. 2012;4(3):149-62.
70. Millard D, Howard Y, Gilbert L, Wills G. Co-Design and Co-Deployment Methodologies for Innovative m-Learning Systems." In: Multiplatform E-Learning Systems and Technologies: Mobile Devices for Ubiquitous ICT-Based Education, edited by Tiong Thye Goh, p. 147-163. Hershey, PA: IGI Global, 2010. Available from: <https://doi.org/10.4018/978-1-60566-703-4.ch009>.

71. Mack RL, Nielsen J. (Ed.). Usability inspection methods. New York, NY: Wiley & Sons, 1994.
72. Sauro J, Lewis IR. Quantifying the user experience: practical statistics for user research. Elsevier, 2012.
73. John B. SUS: a quick and dirty usability scale. In: Jordan PW, McClelland IL, Weerdmeester B. Usability evaluation in industry. 1ª ed. CRC Press: London. 1996, p.189-94.
74. Padrini L, Balda RC, Areco KCN, Paiva PN, Nunes MV, Marba STM. Avaliação da usabilidade de um sistema de informação em saúde neonatal segundo a percepção do usuário. Rev Paul Pediatr. 2019;37(1):90-6.
75. Bangor A, Kortum P, Miller J. Determining what individual SUS scores mean: adding an adjective rating scale. J Usability Stud. 2009;4(3):114-23.
76. Bonett DG, Wright TA. Cronbach's alpha reliability: Interval estimation, hypothesis testing, and sample size planning. J Org Behav. 2015;36(1):3-15.
77. Finseth TT, Keren N, Dorneich MC, Franke WD, Anderson CC, Shelley MC. Evaluating the effectiveness of graduated stress exposure in virtual spaceflight hazard training. J Cogn Engin Dec Mak. 2018;12(4):248-68.
78. Clus D, Larsen ME, Lemey C, Berrouiguet S. The use of virtual reality in patients with eating disorders: systematic review. J Med Internet Res. 2018 Apr 27;20(4):e157.
79. Vogt S, Skjæret-Maroni N, Neuhaus D, Baumeister J. Virtual reality interventions for balance prevention and rehabilitation after musculoskeletal lower limb impairments in young up to middle-aged adults: A comprehensive review on used technology, balance outcome measures and observed effects. Int J Med Inform. 2019 Jun;126:46-58.
80. Galvez J, Eisenhower M, England W, Wartman E, Simpao A, Rehman M, Lustig R, Hribar M. An interactive virtual reality tour for adolescents receiving proton radiation therapy: proof-of-concept study. JMIR Perioper Med. 2019 Mar 5;2(1):e11259.
81. *ClinicalTrials.gov*. Bethesda, MD: US National Library of Medicine. <https://clinicaltrials.gov/>.
82. Nielsen J. Enhancing the explanatory power of usability heuristics. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '94); SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '94); April 24-28, 1994; Boston, MA. 1994. pp. 152-8.
83. Kasurinen J. Usability issues of virtual reality learning simulator in healthcare and cybersecurity. Procedia Comput Sci. 2017;119:341-9.
84. Sutcliffe AG, Kaur KD. Evaluating the usability of virtual reality user interfaces. Behav Inf Technol. 2000 Jan;19(6):415-26.

85. Nichols S, Patel H. Health and safety implications of virtual reality: a review of empirical evidence. *Appl Ergon.* 2002 May;33(3):251-71.
86. Han P, Chen Y, Lee K, Wang H, Hsieh C, Hsiao J, Chou C, Hung Y. Haptic around: Multiple tactile sensations for immersive environment and interaction in virtual reality. *Proceedings of the 24th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST '18); 24th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST '18); November 28- December 1, 2018; Tokyo, Japan.* 2018. pp. 1-10.
87. Bowman DA Gabbard JL, Hix D. A survey of usability evaluation in virtual environments: classification and comparison of methods. *Presence.* 2002 Aug;11(4):404-24.
88. Norman DA. Cognitive engineering - cognitive science. In: Carroll JM, editor. *Interfacing thought: cognitive aspects of human-computer interaction.* Cambridge, MA: MIT Press; 1987. pp. 325-36.
89. Polson P, Lewis C, Rieman J, Wharton C. Cognitive walkthroughs: a method for theory-based evaluation of user interfaces. *Int J Man Mach Stud.* 1992 May;36(5):741-73.
90. McMahan RP, Bowman DA Zielinski DJ, Brady RB. Evaluating display fidelity and interaction fidelity in a virtual reality game. *IEEE Trans Vis Comput Graph.* 2012 Apr;18(4):626-33.
91. Rezazadeh IM, Firoozabadi M, Wang X. Evaluating the usability of virtual environment by employing affective measures. In: Wang X, editor. *Mixed Reality and Human-Robot Interaction. Intelligent Systems, Control and Automation: Science and Engineering*, vol 1010. Dordrecht, the Netherlands: Springer; 2011. pp. 95-109.
92. Brooke J. 'System usability scale (SUS): a quick-and-dirty method of system evaluation user information', Reading, UK: Digital Equipment Co Ltd, 1986.
93. Tullis TS, Stetson JN. *A comparison of questionnaires for assessing website usability: Book a comparison of questionnaires for assessing website usability'* (Minneapolis, USA, 2004).
94. Klaassen B, van Beijnum BJ, Hermens HJ. Usability in telemedicine systems - a literature survey. *Int J Med Inform.* 2016 Sep;93:57-69.
95. Sauro JA. *practical guide to the System Usability Scale: background, benchmarks, & best practices*, Denver, CO: Measuring Usability LLC. 2011.



## ANEXO A - Aprovação do Projeto pela Comissão de Ética de Pesquisa



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** AVALIAÇÃO DE UM SOFTWARE DE REALIDADE VIRTUAL PARA ENSINO DE USABILIDADE DE UMA BOMBA DE INFUSÃO ALVO CONTROLADA EM ANESTESIOLOGIA.

**Pesquisador:** Marcelo Luis Abramides Torres

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 59786922.2.0000.0068

**Instituição Proponente:** Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 5.487.211

#### Apresentação do Projeto:

Trata-se de um projeto de avaliação sobre a eficiência de um software de realidade virtual sobre o manejo de equipamentos de anestesia, para treinamento de residentes. É apresentado como projeto original sem patrocinadores.

#### Objetivo da Pesquisa:

AVALIAÇÃO DE UM SOFTWARE DE REALIDADE VIRTUAL PARA ENSINO DE USABILIDADE DE UMA BOMBA DE INFUSÃO ALVO CONTROLADA EM ANESTESIOLOGIA.

#### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos de vômitos e quedas decorrentes do uso dos óculos de realidade virtual, descritos como raros.

#### Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Interessante

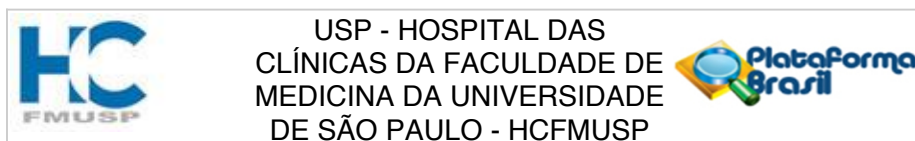
#### Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O TCLE é claro e objetivo

#### Recomendações:

Aprovação

**Endereço:** Rua Ovídio Pires de Campos, 225 5º andar  
**Bairro:** Cerqueira Cesar **CEP:** 05.403-010  
**UF:** SP **Município:** SAO PAULO  
**Telefone:** (11)2661-7585 **Fax:** (11)2661-7585 **E-mail:** cappesq.adm@hc.fm.usp.br

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** AVALIAÇÃO DE UM SOFTWARE DE REALIDADE VIRTUAL PARA ENSINO DE USABILIDADE DE UMA BOMBA DE INFUSÃO ALVO CONTROLADA EM ANESTESIOLOGIA.

**Pesquisador:** Marcelo Luis Abramides Torres

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 59786922.2.0000.0068

**Instituição Proponente:** Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 5.487.211

**Apresentação do Projeto:**

Trata-se de um projeto de avaliação sobre a eficiência de um software de realidade virtual sobre o manejo de equipamentos de anestesia, para treinamento de residentes. É apresentado como projeto original sem patrocinadores.

**Objetivo da Pesquisa:**

AVALIAÇÃO DE UM SOFTWARE DE REALIDADE VIRTUAL PARA ENSINO DE USABILIDADE DE UMA BOMBA DE INFUSÃO ALVO CONTROLADA EM ANESTESIOLOGIA.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Riscos de vômitos e quedas decorrentes do uso dos óculos de realidade virtual, descritos como raros.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Interessante

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

O TCLE é claro e objetivo

**Recomendações:**

Aprovação

**Endereço:** Rua Ovídio Pires de Campos, 225 5º andar  
**Bairro:** Cerqueira Cesar **CEP:** 05.403-010  
**UF:** SP **Município:** SAO PAULO  
**Telefone:** (11)2661-7585 **Fax:** (11)2661-7585 **E-mail:** cappesq.adm@hc.fm.usp.br

## ANEXO B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

1

**HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE  
DE SÃO PAULO-HCFMUSP**

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

---

**DADOS DA PESQUISA**

Título da pesquisa - “**AVALIAÇÃO DE UM SOFTWARE DE REALIDADE VIRTUAL PARA ENSINO DE USABILIDADE DE UMA BOMBA DE INFUSÃO ALVO CONTROLADA EM ANESTESIOLOGIA**”

Pesquisador principal – Prof. Marcelo A. Torres

Departamento/Instituto - Departamento de Anestesiologia do HCFMUSP.

De acordo com a resolução [466/2012](#) os seguintes conteúdos devem fazer parte das explicações sobre a pesquisa

Convite à participação –

O(a) senhor(a) está sendo convidado(a) para participar se quiser deste estudo. Queremos avaliar suas impressões sobre o uso de um software de realidade virtual como ferramenta de ensino em anestesiologia.

Caso o(a) senhor (a) aceitar participar deste estudo, serão feitas várias perguntas através de um questionário aplicado ao término da experiência sobre o uso do software com um óculo de realidade virtual (suas impressões, vantagens e desvantagens em comparação com métodos tradicionais de ensino de acordo com sua experiência).

Também serão feitas perguntas através de uma entrevista estruturada com um entrevistador de fora do estudo, em data posterior à intervenção para complementar os dados de forma mais subjetiva.

O único risco esperado que o(a) senhor(o) pode sentir é talvez um cansaço em responder as perguntas, uma leve tontura ou enjoo. Utilizaremos um espaço protegido e limitado para evitar riscos de queda ou outros traumas. O senhor (a) é livre para expressar suas ideias. O senhor (a) poderá fazer qualquer pergunta acerca do estudo e sobre sua participação, se o senhor (a) tiver alguma dúvida procurarei esclarecê-lo em qualquer fase da pesquisa. A sua participação é voluntária, portanto, o(a) senhor(o) não é obrigado(a) a participar do estudo.

Nome resumido do projeto: Avaliação de um software de Realidade Virtual	<b>Confidencial</b>
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido versão 2.0 de 27 de maio de 2022	
Nome do pesquisador: Prof. Marcelo A. Torres Hospital Das Clínicas Da Faculdade De Medicina Da USP	
	Rubrica do Participante da Pesquisa/Representante legal Rubrica do Investigador Responsável

2

O senhor (a) tem o direito de sair da pesquisa em qualquer hora que quiser e em momento algum isso lhe trará prejuízos. Não há nenhum ganho ou benefício para o(a) paciente por concordar em participar do projeto de pesquisa, mas participando deste estudo o(a) senhor(o) ajudará a entender como um software de realidade virtual poderá contribuir no futuro para o aprendizado de anesthesiologistas no manuseio de dispositivos médicos.

Não existe nenhum procedimento alternativo que possa ser vantajoso para o(a) senhor(a)

Em qualquer etapa do estudo, o(a) senhor(a) terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. O principal investigador é o **Dr. Sergio Gelbvaks**, que pode ser encontrado no endereço Rua Mario Pederneiras 4/101, Humaita, Rio de Janeiro. CEP: 22261-020. Tel 21- 981877508.

#### Justificativa e objetivos do estudo –

Os treinamentos médicos em geral são importantes para o aperfeiçoamento da prática e redução de erros. No caso do uso de novos dispositivos médicos nos centros cirúrgicos, não é diferente. No entanto, há geralmente grandes dificuldades logísticas e financeiras para que esses treinamentos ocorram de forma contínua e recorrente. Com o desenvolvimento de novas tecnologias de ensino em saúde, tem se procurado proporcionar um maior engajamento, com menores custos, para o desenvolvimento contínuo de seus profissionais. O objetivo principal desse estudo é avaliar a aplicação de um software de Realidade Virtual como ferramenta de ensino de usabilidade de um dispositivo médico, no caso uma bomba de infusão alvo controlada.

#### Procedimentos que serão realizados e métodos que serão empregados –

Os voluntários serão submetidos à uma experiência de ensino com óculos de realidade virtual, em um ambiente seguro, por tempo limitado. Todas as informações e alertas serão fornecidos aos voluntários previamente à experiência com os óculos de realidade virtual, sendo sanadas todas as dúvidas e criado um ambiente de segurança psicológica adequado. O objetivo principal é colher informações sobre a usabilidade do software através da aplicação de um questionário e de uma entrevista estruturada com todos os participantes de cada grupo. A aplicação do questionário e da entrevista serão realizados em momentos diferentes da experiência com o software.

Nome resumido do projeto: Avaliação de um software de Realidade Virtual	<b>Confidencial</b>	
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido versão 2.0 de 27 de maio de 2022		
Nome do pesquisador: Prof. Marcelo A. Torres Hospital Das Clínicas Da Faculdade De Medicina Da USP	_____	_____
	Rubrica do Participante da Pesquisa/Representante legal	Rubrica do Investigador Responsável



**Explicitação de possíveis desconfortos e riscos decorrentes da participação na pesquisa –**

Os principais desconfortos e riscos que podem ocorrer durante ou logo após a experiência são: náuseas, tonturas, cansaço e risco de queda. Um pesquisador estará sempre ao lado dos voluntários para identificar quaisquer sintomas desagradáveis ou impedir possíveis lesões.

**Benefícios esperados para o participante –**

Não há nenhum benefício esperado em especial para os participantes da pesquisa. A própria experiência virtual poderá trazer novas motivações e ideias que estimulem a busca por novas metodologias e ferramentas de ensino em anestesiologia.

Pessoas com histórico de náuseas e vômitos ou qualquer outro distúrbio vestibular serão alertados a não participar do estudo. Da mesma forma, o ambiente será protegido e seguro para evitar qualquer risco de lesões ou quedas.

**Esclarecimento sobre a forma de acompanhamento e assistência a que terão direito os participantes da pesquisa –**

O pesquisador terá acesso aos contatos dos participantes, assim como disponibilizará os seus em caso de quaisquer reclamação ou esclarecimento. A pesquisa será interrompida caso haja desistência do voluntário ou por intermédio do pesquisador em caso de efeitos colaterais ou risco de quedas.

Garantias de plena liberdade ao participante de recusar-se a participar ou retirar o seu consentimento em qualquer fase da pesquisa sem penalização alguma, de sigilo e privacidade

**Garantia de que o participante receberá uma via do termo de consentimento –**

Cada participante voluntário receberá uma via assinada e rubricada tanto por ele quanto pelo pesquisador, do termo de consentimento livre e informado.

**Explicitação das garantias de ressarcimento por despesas decorrentes da pesquisa e explicitação da garantia de indenização por eventuais danos decorrentes da pesquisa –**

Fica explícito que serão cobertas quaisquer despesas decorrentes da pesquisa e/ou indenizações em caso de danos decorrentes da pesquisa, segundo a resolução 466/2012 do sistema CEP/CONEP.

Nome resumido do projeto: Avaliação de um software de Realidade Virtual	<b>Confidencial</b>	
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido versão 2.0 de 27 de maio de 2022		
Nome do pesquisador: Prof. Marcelo A. Torres Hospital Das Clínicas Da Faculdade De Medicina Da USP	_____	_____
	Rubrica do Participante da Pesquisa/Representante legal	Rubrica do Investigador Responsável

O material biológico (.....) obtido para esta pesquisa será armazenado de acordo com a resolução 441/2011

**Não haverá coleta de material biológico nesta pesquisa.**

Em qualquer etapa do estudo, você terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de dúvidas. O principal investigador é o Prof. Marcelo A. Torres que pode ser encontrado no endereço..... Telefone(s) ....., e-mail..... Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) – Rua Ovídio Pires de Campos, 225 – 5º andar – tel: (11) 2661-7585, (11) 2661-1548, (11) 2661-1549, **das 7 às 16h de segunda a sexta feira ou por e-mail: [cappesq.adm@hc.fm.usp.br](mailto:cappesq.adm@hc.fm.usp.br)**

Fui suficientemente informado a respeito do estudo “.....”.

Eu discuti as informações acima com o Pesquisador Responsável (..Prof. Marcelo A. Torres) ou pessoa (s) por ele delegada (s) (.Dr. Sergio Gelbvaks) sobre a minha decisão em participar nesse estudo. Ficaram claros para mim os objetivos, os procedimentos, os potenciais desconfortos e riscos e as garantias. Concordo voluntariamente em participar deste estudo, assino este termo de consentimento e recebo uma via rubricada pelo pesquisador.

-----

Data \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Assinatura do participante /representante legal

-----

Nome do participante/representante legal

----- Data \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Assinatura do responsável pelo estudo

Nome resumido do projeto: Avaliação de um software de Realidade Virtual	<b>Confidencial</b>
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido versão 2.0 de 27 de maio de 2022	
Nome do pesquisador: Prof. Marcelo A. Torres Hospital Das Clínicas Da Faculdade De Medicina Da USP	_____ Rubrica do Participante da Pesquisa/Representante legal
	_____ Rubrica do Investigador Responsável

## Anexo C - Questionário Qualitativo

### 1. QUESTÕES ESPECÍFICAS - Expectativa versus Realidade

Em uma escala de 1 a 5 (Discordo totalmente a Concordo totalmente)

- a) Quanto ao aspecto visual dos elementos no cenário:
- b) Quanto ao aspecto realístico e lógico do cenário simulado:
- c) Quanto à realização das tarefas para realizar a indução anestésica:
- d) Quanto à sensação de imersão no cenário:
- e) Quanto à interatividade com o ambiente virtual:
- f) Quanto à autonomia na condução do cenário:

### 2. DISCURSIVAS - Sobre o uso da ferramenta

- 1. O que você mais gostou da ferramenta?
- 2. O que você menos gostou da ferramenta?
- 3. Qual das tarefas foi mais difícil de executar? Por quê?
- 4. A atividade gerada simula uma atividade prática realística?
- 5. Em quais situações vislumbra o uso da ferramenta?
- 6. Que outros tipos de atividades poderiam complementar o aprendizado sobre o uso da bomba de infusão?
- 7. Em sua opinião, qual o público de anesthesiologists melhor pode se beneficiar da ferramenta