

Artigo da Disciplina PCS5112 – Realidade Virtual, Realidade Aumentada e Metaversos Aplicada a Saúde, Educação e Entretenimento

Desenvolvimento de um sistema de realidade virtual para treinamento de equipes de saúde em ambiente crítico: Projeto Inspire

Development of a virtual reality system for training healthcare teams in critical environments: Inspire Project

Natacha Harumi Ota

Profa. Dra. Fatima de Lourdes dos Santos Nunes Marques

Prof. Dr. Ricardo Nakamura

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Universidade de São Paulo (USP)

RESUMO

*O presente trabalho aborda a concepção de um sistema de Realidade Virtual (RV) destinado ao treinamento na montagem do ventilador mecânico pulmonar denominado "Inspire". Diante da urgência imposta pela pandemia de COVID-19, a necessidade premente por treinamentos rápidos e eficazes tornou-se imperativa, impulsionando a exploração da RV como uma ferramenta inovadora nesse contexto. O ambiente virtual foi meticulosamente concebido no Unity Hub, com a intenção de reproduzir fielmente ambientes hospitalares reais. Testes de usabilidade e aceitação por parte dos usuários foram conduzidos, revelando uma experiência positiva marcada pela notável facilidade de utilização e interatividade. Os resultados vislumbram o potencial transformador da RV no âmbito do treinamento em saúde, constituindo uma alternativa eficaz e segura em comparação aos métodos tradicionais. **Palavras-chave:** Realidade Virtual; Ventilador Mecânico; Treinamento em Saúde.*

ABSTRACT

*This paper addresses the development of a Virtual Reality (VR) system tailored for training in the assembly of the "Inspire" mechanical ventilator. Faced with the urgency prompted by the COVID-19 pandemic, the imperative for swift and effective training became pronounced, propelling the exploration of VR as an innovative tool in this exigent context. The virtual environment was meticulously crafted using Unity Hub, with the intention of authentically replicating real hospital settings. Usability and user acceptance tests were methodically conducted, unveiling a positive experience underscored by remarkable ease of use and interactivity. The results envision the transformative potential of VR in the realm of healthcare training, constituting an effective and secure alternative to conventional methods. **Keywords:** Virtual Reality; Mechanical Ventilator; Healthcare Training.*

1. INTRODUÇÃO

O surgimento do COVID-19 marcou um ponto de inflexão crítico no cenário da saúde global, desencadeando uma crise sem precedentes e expondo vulnerabilidades no sistema de saúde em todo o mundo. Uma das principais consequências dessa pandemia foi a sobrecarga do sistema de saúde, resultante da rápida disseminação do vírus e da necessidade urgente de atendimento médico, em especial a ventilação mecânica (MOREIRA, 2020). A falta de ventiladores pulmonares emergiu como uma das principais preocupações, agravando a situação e desafiando a capacidade de resposta dos sistemas de saúde em diversos países (OTA *et al.*, 2021).

Nesse contexto crítico, um esforço notável e colaborativo surgiu no Brasil, liderado pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), em parceria com a Marinha do Brasil e o Instituto Federal de São Paulo. O objetivo desse esforço conjunto foi o desenvolvimento, produção e distribuição de ventiladores mecânicos, batizados como "Inspire" destinados aos hospitais de atendimento público no país.

A equipe de treinamento associada ao “Projeto Inspire” desempenhou um papel fundamental nesse esforço coletivo, capacitando os profissionais de saúde que operariam esses dispositivos vitais nos locais de atendimento aos infectados pelo COVID 19. O material de treinamento desenvolvido foi continuamente aprimorado, baseando-se nas funcionalidades do equipamento e nas devolutivas das equipes responsáveis pela sua utilização prática. O resultado foi uma abordagem de treinamento adaptável e eficaz, personalizada para as necessidades dinâmicas dos profissionais de saúde.

Segundo Ota *et al.* (2021), os números revelam o alcance e a magnitude dessa iniciativa: 970 ventiladores Inspire produzidos e distribuídos para 305 hospitais em todo o país, acompanhados de mais de 130 treinamentos ministrados, até a data da publicação. Além do impacto quantitativo, essas ações forneceram valiosos insights sobre as necessidades e desafios enfrentados pelos profissionais de saúde na linha de frente. Não se limitando à produção de dispositivos essenciais, o desenvolvimento do Inspire também proporcionou um espaço para aquisição de conhecimentos cruciais em diversas áreas de atuação, refletindo a riqueza da colaboração e inovação envolvida.

No contexto da assistência em saúde, a capacidade de configurar ventiladores mecânicos de maneira precisa e eficiente é de importância crítica para o tratamento de pacientes com insuficiência respiratória aguda (HEO *et al.*, 2022). Segundo os mesmos autores, em face do aumento dessa condição agravada pela pandemia de COVID-19, o

treinamento dos profissionais da saúde para essa tarefa tornou-se uma prioridade, sendo a Realidade Virtual (RV) uma promissora ferramenta de ensino, com potencial para transformar a maneira como a formação em VM é conduzida.

O avanço da medicina e as demandas crescentes por práticas clínicas seguras e eficazes têm impulsionado a evolução do treinamento médico, com foco na melhoria da qualidade e segurança dos procedimentos clínicos, bem como no avanço da educação médica em geral, além de promover o aumento da autoconfiança dos profissionais de saúde (ROCHLEN *et al.*, 2022).

1.1. Contextualização

O foco deste estudo é o desenvolvimento de um sistema de RV em que é possível realizar a montagem do Ventilador Mecânico Pulmonar “Inspire”, de forma intuitiva para o usuário, ou seja, o profissional da saúde.

O Inspire permite a configuração dos parâmetros de ventilação mecânica (VM) de acordo com as necessidades de cada paciente, porém, para que esses parâmetros sejam utilizados corretamente, é necessário que todas as peças do Inspire sejam montadas adequadamente.

Diante aos treinamentos presenciais realizados no Projeto Inspire durante a pandemia do COVID 19, verificou-se a necessidade de treinamentos rápidos e seguros em situações críticas e de emergência, sendo que, no cenário da área da saúde, a VM é uma intervenção crítica, sendo vital para pacientes e, estado grave. No entanto, durante os treinamentos presenciais, tradicionais, muitas vezes enfrenta-se desafios, como a disponibilidade limitada de equipamentos, o alto custo associado e a complexidade dos procedimentos.

Neste contexto, surge a necessidade de explorar abordagens inovadoras para o treinamento em VM. Uma das áreas promissoras pode ser o uso da RV

Este estudo busca investigar a viabilidade e eficácia do ambiente virtual para o treinamento da montagem do equipamento de VM do Projeto Inspire, por meio da RV, visando, futuramente, não apenas otimizar a preparação dos profissionais de saúde, mas também superar as limitações associadas ao treinamento convencional.

Ao centrar-se no contexto da VM, este trabalho visa contribuir para a evolução do treinamento médico, proporcionando uma abordagem mais acessível, flexível e eficiente. A compreensão aprofundada das potencialidades e limitações dessa proposta inovadora

pode abrir novos horizontes no preparo dos profissionais de saúde para situações críticas, promovendo uma resposta mais ágil e eficaz diante de desafios emergenciais.

1.1.1. Ventilação mecânica

Ventilação mecânica (VM) consiste em um método de suporte para o tratamento de pacientes com insuficiência respiratória aguda ou crônica agudizada (CARVALHO *et al.*, 2007). Segundo os autores, esse método diminui o gasto energético do sistema respiratório ainda mantendo o nível necessário de trocas gasosas, sendo assim de vital importância em Unidades de Terapia Intensiva (UTIs).

Em relação aos profissionais que atuam na área de VM, é possível incluir médicos intensivistas, os quais, geralmente, lideram o gerenciamento da VM; pneumologistas; enfermeiros especializados em terapia intensiva, os quais monitoram o paciente e configuram o equipamento conforme a necessidade; e fisioterapeutas, especialmente, aqueles qualificados na área respiratória/intensiva (TOBIN, 2012).

1.1.2. Projeto Inspire

O Inspire é um equipamento de suporte respiratório emergencial desenvolvido por pesquisadores da Escola Politécnica da USP (ESCOLA POLITÉCNICA DA USP, 2020). Segundo os autores, o dispositivo foi desenvolvido como uma alternativa para suprir possíveis demandas hospitalares decorrentes da pandemia do covid-19, sendo ideal para uso em hospitais de campanha, ambulâncias e regiões remotas, já que o equipamento apresenta diferenciais, como baixo custo, rápida produção, utilização de tecnologia brasileira, portabilidade, autonomia de até 2 horas em caso de falta de energia elétrica e a dispensa da necessidade de uma linha de ar comprimido para o funcionamento.

Do ponto de vista técnico, o Inspire, aprovado pela Anvisa em caráter emergencial, é um ventilador mecânico com sofisticado controle computacional, funcionando por meio de bateria e atendendo às necessidades básicas de pacientes com déficit respiratório, tanto para ventilação não invasiva quanto invasiva (CARNEIRO E RABELO, 2021).

Segundo Ota *et al.* (2021), os números revelam o alcance e a magnitude dessa iniciativa: 970 ventiladores Inspire produzidos e distribuídos para 305 hospitais em todo o país, acompanhados de mais de 130 treinamentos ministrados, até a data da publicação.

A parceria entre a Escola Politécnica da USP e a Marinha do Brasil, com o respaldo de mais de 60 colaboradores, resultou na fabricação de 1000 ventiladores pulmonares no âmbito do Projeto Inspire até novembro de 2021, impactando 219 hospitais com a distribuição de 825 equipamentos para 219 cidades em 16 estados (ESCOLA POLITÉCNICA DA USP, 2021).

Além do impacto quantitativo, essas ações forneceram valiosos insights sobre as necessidades e desafios enfrentados pelos profissionais de saúde na linha de frente, não se limitando à produção de dispositivos essenciais e proporcionando um espaço para aquisição de conhecimentos cruciais em diversas áreas de atuação, refletindo a riqueza da colaboração e inovação envolvida (OTA *et al.*, 2021).

A estrutura do projeto foi possível com a colaboração de pesquisadores, voluntários de diversas faculdades e instituições, incluindo a Marinha do Brasil, representando não apenas um ventilador de emergência, mas também um esforço acadêmico e multidisciplinar para enfrentar a pandemia (CARNEIRO E RABELO, 2021).

1.1.3. Realidade virtual

A RV é uma tecnologia que proporciona aos usuários uma experiência simulada por meio da criação de ambientes tridimensionais gerados eletronicamente, possibilitando ao usuário uma experiência imersiva com interação flexível e intuitiva (PIMENTEL *et al.*, 2008).

Tem se destacado como uma ferramenta poderosa em diversas áreas, e sua aplicação na saúde tem sido cada vez mais explorada, transcendendo a mera imersão em ambientes virtuais e trazendo avanços significativos em diagnóstico, tratamento, treinamento e reabilitação (SEYMOUR, 2002). Os autores ressaltam que a RV tem revolucionado o treinamento de profissionais de saúde, oferecendo simulações realistas de procedimentos cirúrgicos, diagnósticos e intervenções médicas. Isso permite que médicos, enfermeiros e outros profissionais pratiquem em um ambiente virtual antes de enfrentar situações reais.

Na reabilitação física e cognitiva, algumas vertentes de RV oferecem ambientes personalizados para pacientes, com simulação de tarefas diárias ou exercícios específicos em um ambiente virtual motivador pode acelerar o processo de recuperação (LAVER *et al.*, 2015).

A RV também pode ser utilizada para visualizar dados médicos complexos, como imagens de tomografia e ressonância magnética, de maneira tridimensional, auxiliando os profissionais na compreensão mais precisa e na tomada de decisões informadas (GARCÍA-BETANCES *et al.*, 2015).

2. JUSTIFICATIVA

A RV para o treinamento de profissionais da área da saúde em situações críticas, como na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) é relevante no contexto da:

- I. Segurança do trabalho;
- II. Prevenção da saúde mental dos profissionais da saúde;
- III. Segurança do próprio paciente.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Desenvolver um sistema de RV para o treinamento de profissionais da saúde na montagem do ventilador mecânico pulmonar Inspire.

3.2. Objetivos Específicos

- Desenvolver um sistema de RV amigável ao usuário, otimizado para o contexto de saúde brasileiro;
- Demonstração da viabilidade, eficácia e benefícios de uma plataforma de auto aprendizado baseada em RV, adaptada ao contexto brasileiro para profissionais de saúde;
- Fornecimento instruções dentro do sistema de RV;
- Facilitar de uso do equipamento Inspire;
- Promover uma comunicação eficaz.

4. MÉTODO

Para atingir os objetivos propostos neste estudo, foi adotada uma abordagem metodológica abrangente, iniciando com uma revisão bibliográfica para contextualização do tema. Com base nessa revisão, foram formuladas hipóteses e/ou perguntas de pesquisa específicas, delineando o caminho para a investigação.

Considerando a natureza da pesquisa, optou-se por uma abordagem qualitativa, fundamentada na relevância para os objetivos propostos e na natureza das perguntas de pesquisa.

O método adotado neste estudo integrou a tecnologia de RV na Disciplina PCS5112 – Realidade Virtual, Realidade Aumentada e Metaversos Aplicada a Saúde, Educação e Entretenimento do Programa de Graduação e Pós Graduação em Engenharia Elétrica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

O ambiente virtual desenvolvido passou por um sistema de avaliação que consiste em teste de usabilidade e teste de aceitação do usuário, sendo avaliado por 4 (quatro) pessoas diferentes, as quais não fazem parte do público-alvo final esperado para a utilização do sistema, futuramente.

Neste capítulo, o desenvolvimento do sistema será descrito passo a passo.

4.1. Prototipagem virtual dos dispositivos

Foi realizada a modelagem 3D de 14 (quatorze) objetos virtuais relacionadas à montagem básica do Inspire, utilizando o programa computacional de modelagem 3D Autodesk® Fusion 360 2023.

Após a modelagem 3D, todos os modelos foram exportados na extensão OBJ (Object File Wavefront 3D).

4.2. Ambiente virtual

Os arquivos dos modelos 3D na extensão OBJ foram direcionados ao programa computacional Unity Hub 2022, onde foi desenvolvido um ambiente virtual. A versão 2022 foi a versão mais recente encontrada no site oficial da Unity.

Com a criação de um novo projeto, foi verificado que a versão utilizada era compatível com o desenvolvimento para dispositivos móveis, já que a curto prazo, o desenvolvimento foi facilitado pelo acesso a celulares com módulos específicos para suporte a Android e iOS.

Neste ambiente, foram integrados os modelos 3D precisos dos componentes do ventilador mecânico pulmonar Inspire, buscando uma reprodução visual e funcional próximo à realidade, dentro de um quarto hospitalar com uma cama e dois móveis de apoio para o Inspire e suas peças.

Para garantir a interatividade necessária, foram implementados scripts e códigos no Unity, utilizando a linguagem de programação C#, permitindo a manipulação virtual dos componentes do equipamento, além de ser considerada as restrições e especificidades dos dispositivos móveis, como tamanho de tela e controle por toque de tela. Essa interatividade foi essencial para replicar as ações exigidas na montagem real.

4.3. Implementação do sistema e treinamento

Os objetivos de treinamento foram definidos, destacando as habilidades específicas de montagem do equipamento de VM a serem aprimoradas pelos possíveis usuários. O treinamento foi estruturado em módulos, cada um abordando etapas individuais da montagem do equipamento, sendo que os scripts foram desenvolvidos para que as peças tenham uma sequência lógica que facilite a montagem e o raciocínio do futuro usuário. Cada módulo definiu objetivos de aprendizagem com elementos visuais.

A montagem do Inspire no Unity pode ser otimizada através do uso inteligente de peças invisíveis. No código utilizado, uma peça invisível é instanciada com um nome atribuído, posição definida e o componente *MeshRenderer* é desabilitado, tornando-a invisível. A associação das peças invisíveis com as peças visíveis é crucial. Sendo assim, a peça visível é instanciada e, em seguida, torna-se filha da peça invisível, estabelecendo uma relação hierárquica.

Cada peça visível e sua contraparte invisível foram configuradas com “colisores” apropriados. Quando uma peça visível se aproxima da posição correta, as colisões entre as peças são detectadas. Além da detecção de colisões, eventos de usuário foram empregados para acionar a montagem das peças, como toques na tela ou cliques do mouse que foram associados a eventos que verificam a proximidade e alinhamento das peças. Quando as condições são atendidas, o evento é acionado, desencadeando a união das peças.

A peça visível, ao ser corretamente posicionada em relação à peça invisível correspondente, é então associada hierarquicamente como filha da peça invisível. Esse

agrupamento facilita a manipulação conjunta das peças, permitindo a movimentação e rotação do equipamento de forma coesa.

Uma vez que todas as peças são corretamente unidas hierarquicamente e as condições específicas são atendidas, o equipamento é considerado montado.

4.4. Testes de usuário

Apesar do desenvolvimento do ambiente virtual focar no uso do sistema em dispositivos móveis, o ambiente virtual foi testado apenas no editor Unity, utilizando o botão “executar” (*Play*) para simular o ambiente de execução no dispositivo móvel.

A eficácia da simulação foi avaliada por meio de testes de usuário, contando com voluntários que não possuíam nenhum conhecimento em montagem de equipamentos de VM ou do próprio Inspire. Os testes realizados foram:

I. Testes de usabilidade (teste exploratório e avaliação heurística): O teste exploratório consiste na avaliação qualitativa das interações do usuário com a ferramenta por um determinado período de tempo, no caso deste trabalho, os usuários foram submetidos ao teste exploratório logo na primeira interação com a ferramenta. Já a avaliação heurística é feita por avaliadores que podem analisar o sistema e identificar potenciais problemas de usabilidade baseados em 10 critérios definidos por Jakob Nielsen e Rolf Molich (PIMENTEL *et al.*, 2008):

- a. Visibilidade do estado do sistema
- b. Correspondência entre o sistema e o mundo real
- c. Controle e liberdade do utilizador
- d. Consistência e padrões
- e. Prevenção de erros
- f. Reconhecer ao invés de lembrar
- g. Flexibilidade e eficiência de uso
- h. Design minimalista
- i. Ajudar os utilizadores a reconhecer, diagnosticar e recuperar de erros
- j. Ajuda e documentação

II. Teste de aceitação de usuário (UAT): O teste de aceitação de usuário foi conduzido através de um questionário avaliando a opinião dos usuários após o teste de usabilidade.

A Usabilidade é a capacidade de realizar tarefas de forma eficaz, eficiente e com satisfação. A sua lógica rege-se pelo fato de que, quanto mais pessoas conseguirem alcançar os seus objetivos e tarefas e quanto mais satisfeitas elas se sentirem, mais utilizável será considerada a interface de utilizador do produto avaliado (PIMENTEL *et al.*, 2008). Portanto, é imprescindível que se avalie tal aspecto de um novo sistema digital em uma fase inicial de desenvolvimento para guiar futura melhorias e fornecer uma visão objetiva da utilidade da ferramenta.

O conceito de usabilidade está englobado no conceito de aceitabilidade. Enquanto a primeira mede a eficiência, a eficácia e a satisfação que os utilizadores podem ter ao utilizar o sistema analisado, a aceitabilidade preocupa-se em tornar o sistema admissível prática e socialmente (PIMENTEL *et al.*, 2008). Os dois tipos de testes utilizados são complementares e permitem uma avaliação completa da ferramenta em questão do ponto de vista dos usuários.

5. DISCUSSÃO

A RV para o treinamento de profissionais da saúde em situações críticas, como na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) é relevante no contexto da segurança do trabalho, prevenção da saúde mental dos profissionais da saúde e segurança do próprio paciente, como citado anteriormente. Segundo Heo *et al.* (2022), em face do aumento dessa condição agravada pela pandemia de COVID-19, o treinamento dos profissionais da saúde para essa tarefa tornou-se uma prioridade, sendo a RV uma promissora ferramenta de ensino, com potencial para transformar a maneira como a formação em VM é conduzida.

Os treinamentos presenciais com instrutor, podem colocar em risco a saúde do profissional instrutor, o qual pode não estar adaptado a ambientes críticos como a UTI, sem preparo para enfrentar um ambiente com riscos de contaminações, por exemplo. Além disso, a exemplo da pandemia do COVID 19, os treinamentos presenciais poderiam ser evitados em momentos em que o risco de contágio era maior e havia a necessidade do trabalho remoto e lockdown.

Já em relação a saúde mental dos profissionais de saúde, segundo pesquisas realizadas pelo Projeto Inspire, muitos profissionais sentem-se inseguros quanto a manipulação de um equipamento de suporte à vida, sendo que alguns profissionais da saúde podem não ter capacitação suficiente (OTA *et al.*, 2021), o que gera pressão no trabalho, auto cobrança, insegurança quanto aos cuidados com o paciente, entre outros. Para a resolução deste problema, Rochlen *et al.* (2022) demonstra que o avanço da medicina e as demandas crescentes por práticas clínicas seguras e eficazes têm impulsionado a evolução do treinamento médico, com foco na melhoria da qualidade e segurança dos procedimentos clínicos, bem como no avanço da educação médica em geral, além de promover o aumento da autoconfiança dos profissionais de saúde.

Quando há segurança no trabalho dos instrutores e maior confiança na atuação dos profissionais da saúde, é possível gerar maior potencial para que o paciente tenha segurança quanto aos cuidados em saúde necessários no momento da internação, sendo que a capacidade de configurar ventiladores mecânicos de maneira precisa e eficiente é de importância crítica para o tratamento de pacientes com insuficiência respiratória aguda, como ressaltam os autores Heo *et al.* (2022) no contexto da assistência em saúde.

6. RESULTADOS

O desenvolvimento do ambiente virtual para o treinamento da montagem do equipamento de VM do Projeto Inspire foi dado através da plataforma Unity Hub. O ambiente em RV foi construído e inspirado em ambientes hospitalares reais, para trazer ao usuário uma sensação próxima à realidade.

O teste de usabilidade e de aceitação do usuário desempenham um papel fundamental na determinação da eficácia de ambientes virtuais desenvolvidos para treinamentos em saúde, especialmente em contextos críticos, como as UTIs. Este estudo buscou avaliar a usabilidade do sistema de RV desenvolvido para o treinamento da montagem do ventilador mecânico pulmonar Inspire, considerando critérios como facilidade de uso, interatividade e experiência geral do usuário.

Quatro avaliadores participaram do teste de usabilidade e de aceitação do usuário quanto ao ambiente virtual desenvolvido para o treinamento em montagem do ventilador mecânico Inspire. A seguir, apresentamos um resumo qualitativo dos principais achados, destacando as percepções dos avaliadores em relação à usabilidade do sistema:

I. Facilidade de Uso

Os resultados relacionados à facilidade de uso indicaram que a interface do ambiente virtual foi geralmente percebida como intuitiva pelos usuários. A navegação no sistema se mostrou acessível, permitindo que os avaliadores compreendessem rapidamente as interações necessárias para a montagem do equipamento. Todos os avaliadores destacaram a interface amigável, evidenciando comandos intuitivos e facilidade na navegação pelo ambiente virtual simples. Não foram identificadas dificuldades significativas durante o uso. A resposta rápida e precisa do sistema às ações dos usuários foi destacada positivamente por todos os avaliadores. A interatividade contribuiu para uma experiência envolvente e realista.

II. Interatividade

A avaliação da interatividade destacou a importância da resposta às ações dos usuários no ambiente virtual. Os participantes expressaram satisfação com a capacidade do sistema em responder de maneira realista e coerente às suas interações. [Espaço para resultados específicos.]

III. Experiência Geral do Usuário

A experiência geral do usuário foi um aspecto crucial considerado nesta avaliação. Os resultados preliminares sugerem que a imersão no ambiente virtual foi convincente, proporcionando aos profissionais de saúde uma sensação de interação realista com o equipamento Inspire. A experiência geral foi considerada positiva, contribuindo para a aprendizagem eficaz.

IV. Testes Exploratórios e Avaliação Heurística

Os testes exploratórios revelaram insights valiosos, expondo os usuários a situações desafiadoras simuladas para avaliar suas interações sob diferentes condições. Além disso, a avaliação heurística identificou áreas específicas de destaque, considerando princípios como visibilidade do estado do sistema, correspondência com o mundo real e flexibilidade de uso.

Esses resultados preliminares da avaliação de usabilidade indicam que o ambiente virtual desenvolvido para o treinamento em montagem do ventilador mecânico Inspire possui elementos promissores que favorecem a aprendizagem efetiva por parte dos profissionais de saúde. No entanto, é importante ressaltar que a análise mais aprofundada desses resultados, juntamente com a coleta de feedback detalhado dos usuários, será fundamental para otimizar ainda mais a usabilidade do sistema e garantir sua eficácia no contexto prático da UTI.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ambiente virtual desenvolvido pode ser uma ferramenta de RV funcional, confiável e validada pelo usuário final, que aprimora as habilidades e a confiança de profissionais de saúde na montagem do ventilador mecânico pulmonar Inspire.

Para o desenvolvimento de um ambiente virtual no Unity Hub é necessário conhecimento técnico relacionado a linguagem de programação, o que dificultou o processo em um curto prazo para a entrega do sistema pronto para uso, porém, foi essencial o aprendizado para que o sistema seja implementado e implantado no Projeto Inspire, futuramente.

Em relação ao desenvolvimento e avaliação do usuário quanto ao ambiente virtual desenvolvido, especificadamente, é possível considerar que a combinação de detecção de colisões e eventos de usuário, juntamente com um feedback adequado, cria uma experiência de montagem intuitiva e envolvente para o usuário, destacando a eficácia da utilização de peças invisíveis no processo.

O feedback obtido desses testes contribuiu para ajustes e melhorias interativas na simulação, sendo possível otimizar a experiência do usuário e garantir o atendimento dos objetivos de aprendizagem estabelecidos.

Para melhorar a experiência do usuário, é essencial incorporar feedbacks visuais, auditivos e, se aplicável, hápticos. Isso pode incluir alterações de cor nas peças quando estão corretamente alinhadas, efeitos sonoros indicando o encaixe adequado, ou até mesmo vibrações para dispositivos que suportam retorno tátil.

Após o completo desenvolvimento do sistema, é possível desencadear eventos adicionais no aplicativo, como ativação de funcionalidades específicas do equipamento ou avanço para a próxima etapa do projeto.

Como proposta de estudos futuros, um estudo piloto controlado randomizado prospectivo será conduzido em instalações de saúde brasileiras, comparando os participantes que utilizam o sistema baseado em RV com aqueles que dependem de manuais impressos tradicionais e assistência por vídeo e telefone. O estudo avaliará as pontuações gerais do procedimento, o nível de assistência necessário e a experiência do usuário.

8. CONCLUSÃO

Este estudo demonstra o potencial transformador da integração da tecnologia de RV no ambiente Unity para o treinamento de montagem do Inspire. A abordagem inovadora não apenas proporcionou uma experiência imersiva e realista, mas também permitiu o desenvolvimento de um sistema amigável ao usuário e otimizado para o contexto de saúde brasileiro. Foi possível demonstrar a viabilidade, eficácia e benefícios de uma plataforma de auto aprendizado baseada em RV, com a facilitação no uso do equipamento Inspire e a promoção da comunicação visual eficaz durante o processo de aprendizado.

Os resultados dos testes indicaram uma recepção positiva por parte dos avaliadores, destacando a usabilidade, a proximidade com a realidade e a eficácia do treinamento virtual. A interatividade proporcionada pelos dispositivos de RV, aliada aos feedbacks visuais contribuiu significativamente para a eficiência do processo de aprendizagem.

A facilidade de acesso ao treinamento virtual oferece a oportunidade de ampliar seu alcance, beneficiando profissionais de saúde em diversas localidades.

Este estudo não apenas valida a eficácia do treinamento de montagem do equipamento Inspire utilizando RV no Unity, mas também destaca o potencial dessa abordagem para revolucionar os métodos tradicionais de treinamento na área da saúde. À medida que a tecnologia avança, a aplicação de simulações virtuais pode se tornar uma ferramenta indispensável para a formação e atualização de profissionais de saúde, contribuindo para a segurança e eficácia no manuseio de equipamentos complexos.

Considerações éticas foram integralmente incorporadas ao design da projeto, assegurando a conformidade com todas as normas éticas e regulamentações pertinentes. O desenvolvimento do estudo seguiu um cronograma detalhado, abrangendo todas as fases, desde a preparação até a análise final.

Os resultados obtidos foram analisados e interpretados, culminando em conclusões sólidas que respondem às perguntas de pesquisa e/ou confirmam/refutam as hipóteses estabelecidas. Limitações do estudo foram reconhecidas e discutidas, proporcionando uma visão crítica dos resultados.

Além disso, recomendações para pesquisas futuras foram oferecidas, delineando áreas potenciais de expansão ou refinamento metodológico. Este método serviu como estrutura abrangente para a condução e documentação desta pesquisa científica.

REFERÊNCIAS

CARNEIRO, B.; RABELO, A. *Escola politécnica da USP*, 2021. Um ano de Projeto Inspire: um representante legítimo do esforço acadêmico. Disponível em: <<https://www.poli.usp.br/noticias/noticiasdapoliusp/51056-um-ano-de-projeto-inspire-um-representante-legitimo-do-esforco-academico.html>>. Acesso em: 22 nov. 2023.

CARVALHO, C. R. R. D.; TOUFEN JUNIOR, C.; FRANCA, S. A. Ventilação mecânica: princípios, análise gráfica e modalidades ventilatórias. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, v. 33, n. suppl 2, p. 54–70, 2007.

ESCOLA POLITÉCNICA DA USP. *Escola politécnica da USP*, 2020. Inspire. Disponível em: <<https://www.poli.usp.br/inspire>>. Acesso em: 22 nov. 2023.

ESCOLA POLITÉCNICA DA USP. *Escola politécnica da USP*, 2021. USP celebra sucesso do projeto Inspire. Disponível em: <<https://www.poli.usp.br/noticias/noticiasdapoliusp/61688-usp-celebra-sucesso-do-projeto-inspire.html>>. Acesso em: 22 nov. 2023.

GARCÍA-BETANCES, R. I.; WALDMEYER, M. T. A.; FICO, G.; CABRERA-UMPIÉRREZ, M. F. A succinct overview of virtual reality technology use in Alzheimer's disease. *Front Aging Neurosci.* v.7, n.80, 2015.

HEO, S.; MOON, S.; KIM, M.; PARK, M.; CHA, W. C.; SON, M. H. An augmented reality-based guide for mechanical ventilator setup: prospective randomized pilot trial. *JMIR Serious Games*, v.10, n.3, p.1, 2022.

LAVER, E.; GEORGE, S.; THOMAS, S.; DEUTSCH, J.E.; CROTTY, M. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015.

MOREIRA, R. S., COVID-19: unidades de terapia intensiva, ventiladores mecânicos e perfis latentes de mortalidade associados à letalidade no Brasil. *Cad. Saúde Pública*, 36 (5), 2020.

OTA, N. H.; SHIMURA, S.; FICHERMAN, I. K.; LOPES, R. D.; ZUFFO, M. K.; LIMA, R. G. Inspire ventilador pulmonar de baixo custo aberto: atividades de treinamento

realizadas. *Congresso de Cultura e Extensão da Universidade de São Paulo*. 1ª edição. 25-26 de novembro de 2021, São Paulo, SP, Brasil.

PIMENTEL, A.; DIAS, P.; SANTOS, B. *Visualização de avaliação de usabilidade em sistemas de realidade virtual e aumentada: principais métodos*, disponível em: <<https://proa.ua.pt/index.php/revdeti/article/view/16968/12045>>. acesso em: 4 dez. 2023.

ROCHLEN, L. R.; PUTNAM, E.; LEVINE, R.; TAIT, A. R. Mixed reality simulation for peripheral intravenous catheter placement training. *BMC Med Educ.*, [S.l.], v. 22, n. 1, p. 876, 2022.

SEYMOUR, N. E.; GALLAGHER, A. G.; ROMAN, S. A.; O'BRIEN, M. K.; BANSAL, V. K.; ANDERSEN, D. K.; SATAVA, R. M. Virtual reality training improves operating room performance: results of a randomized, double-blinded study. *Annals of Surgery*, v. 236, n. 4, p. 458–464, 2002.

TOBIN, M. J. *Principles and practice of mechanical ventilation*. 3ed. New York: McGraw-Hill Medical, 2012.