Realidade Virtual Como Ferramenta de Capacitação: Uma Revisão Sistemática da Literatura

Letícia Vieira (UFPR) vieira.leticia@ufpr.br
Márcio Fontana Catapan (UFPR) marciocatapan@ufpr.br

Resumo

O treinamento industrial desempenha um papel fundamental diante da constante contratação de novos colaboradores, realocação de equipes e implementação de novos produtos e processos. Neste cenário, o presente trabalho investiga a viabilidade do uso da realidade virtual como ferramenta para antecipar treinamentos em novos projetos, com o objetivo de reduzir o tempo de estabilização nas linhas de produção. Isso será feito através de uma revisão sistemática da literatura conduzida em bases de dados relevantes, com foco em estudos que abordam treinamentos industriais, para buscar entender a utilização da realidade virtual neste contexto. A análise das publicações, indica que a implantação da realidade virtual é viável para antecipação de treinamentos e que é um campo promissor, capaz de embasar estudos futuros e contribuir para a eficiência operacional.

Palavras-Chaves: *Realidade Virtual, Treinamento Industrial, Revisão Sistemática*

Abstract

Industrial training plays a fundamental role in the context of the continuous hiring of new employees, team reallocations, and the implementation of new products and processes. Within this scenario, the present study investigates the feasibility of using virtual reality as a tool to anticipate training for new projects, with the aim of reducing stabilization time on production lines. This is achieved through a systematic literature review conducted in relevant databases, focusing on studies addressing industrial training in order to understand the application of virtual reality in this context. The analysis of the publications indicates that the implementation of virtual reality is viable for training anticipation and represents a promising field, capable of supporting future studies and contributing to operational efficiency.

Keywords: *Virtual Reality, Industrial Training, Systematic Review*

Classified as Internal

1. Introdução

A necessidade de capacitação é algo comum no cotidiano da indústria, visto que é frequente a contratação de novos colaboradores, realocação das pessoas em diferentes postos de trabalho e a implantação de novos equipamentos, produtos e processos. Segundo Bordegoni, Carulli e Spadoni (2022) a forma mais comum de realizar esses treinamentos é por meio de manuais e procedimentos já estabelecidos. Contudo, quando há implantação de novos projetos de produtos esse método não se aplica, já que manuais e procedimentos ainda estão em construção.

Segundo Haller, Peikert e Thoma (2003) "*ramp-up*" é o processo de aumento da taxa de produção de uma fábrica, desde o primeiro lote até o volume total. Isso ocorre quando um novo produto é introduzido. A velocidade dessa curva impacta fortemente o tempo até o volume de produção de um produto e, com isso, seu sucesso financeiro. Conforme mencionado por Hong-Wei (2024), o processo de desenvolvimento de produtos pode ser dividido em três etapas: desenvolvimento, *ramp-up* e produção em massa, sendo que a fase de *ramp-up* pode durar alguns trimestres ou até mesmo anos de modo a conseguir atingir totalmente a produção em massa. De acordo com Haller, Peikert e Thoma (2003) o início da produção é o mais difícil e desafiador, já que ferramentas, tecnologias e processos de fabricação precisam ser instalados, qualificados e amadurecidos de maneira oportuna para garantir um rendimento aceitável.

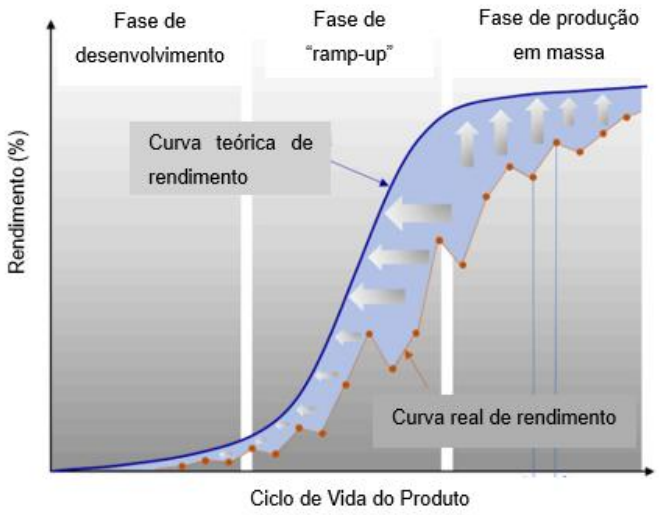
Neste contexto, a agilidade na capacitação das pessoas tem um papel de extrema importância, pois ajuda a minimizar esse tempo para atingimento das metas de produção estabelecidas em projeto. Para Kubr et al. (2021), uma das formas de minimizar esse tempo é antecipar esses treinamentos sem que as linhas de produção e equipamentos estejam devidamente instaladas. Para isso, uma das alternativas que tem um grande potencial é a utilização da realidade virtual (RV) como ferramenta virtual de instrução.

As restrições de acesso aos meios produtivos e produtos quando se está trabalhando com projetos novos pode afetar drasticamente o atingimento do processo desejado em termos de indicadores produtivos e financeiros. Com essa análise levanta-se a questão: a realidade virtual é realmente um método eficaz para antecipação dos treinamentos? De acordo com Schäfer et al. (2024), a fase de aceleração de produção é cheia de desafios, incluindo altos custos iniciais, a necessidade de opções flexíveis de escalabilidade e a importância de se adaptar a diferentes cenários de demanda. Esses fatores devem ser cuidadosamente gerenciados para garantir uma transição bem-sucedida para a capacidade total de produção.

Classified as Internal

A Figura 1 demonstra as realidades dos projetos onde há uma grande diferença entre o que foi planejado em termos de produção (curva teórica de rendimento) em relação ao que é executado (curva real de rendimento), gerando impacto em todas as fases do projeto, desde os primeiros lotes no desenvolvimento, na fase de *ramp-up* e por fim na fase de produção em massa.

Figura 1 - Fases de Lançamentos dos Projetos



Fonte: (Hong-Wei, 2024)

De acordo com Hong-Wei (2024), a manutenção da estabilidade do processo é muito importante para dar andamento nas fases de produção em massa, e nos primeiros lotes dos projetos é essencial trabalhar sobre todas as adversidades que podem ocorrer como falha de equipamentos e erros operacionais de modo que haja o mínimo de variação possível durante o processo. Desse modo, conclui-se que treinar os operadores de maneira antecipada pode gerar um impacto positivo em reduzir a variação do processo de projetos de novos produtos, justificando assim o estudo a ser realizado.

Com base na pergunta de pesquisa têm-se como objetivo geral dessa pesquisa fazer uma revisão sistemática da literatura para avaliar se a realidade virtual é um método promissor para antecipara treinamento industriais em linhas de novos produtos. Este estudo contribui também para a disseminação da realidade virtual como ferramenta de conhecimento, o que está se difundindo cada vez mais e deve ser aprimorado com novos pesquisadores. Para a indústria, este trabalho pode contribuir com embasamento para elaboração de um método de antecipação de treinamentos de modo que realmente seja possível ter um ganho financeiro, e lançar projetos

Classified as Internal

com mais agilidade, garantindo a rentabilidade do negócio e às estratégias de marketing das empresas.

2. Referencial Teórico

Este capítulo apresenta os conceitos fundamentais que embasam a pesquisa, abordando inicialmente a importância do treinamento industrial, seguido pela contextualização da realidade virtual e suas aplicações. Por fim, são discutidas as aplicações da realidade virtual em treinamentos em estudos anteriores relacionados ao tema.

2.1 Treinamentos industriais

Em suas abordagens, Bordegoni, Carulli e Spadoni (2022) tratam o treinamento operacional como um item comum em indústria, universidades e laboratórios, e o principal foco é como saber manusear o equipamento ou executar a operação de forma correta e segura. Além disso, eles mencionam que comumente o treinamento é realizado através dos manuais e procedimentos, porém, os operadores acabam aprendendo através da execução, o que pode gerar riscos principalmente envolvendo a segurança e outros fatores negativos.

De acordo com Hirt et al. (2021) o aprendizado através de uma agenda fixa e a presença de um professor, apesar de válida há muito tempo, deu uma experiência passiva de aprendizado. Nos anos mais recentes está comprovado que os métodos de aprendizagem ativa fazem com que as pessoas apendam e se ajustem conforme sua velocidade e experiências. Além disso, Hirt et al. (2021) complementa que o aumento das tecnologias faz com que vários estudos de novas formas de aprendizagem entrem em cena.

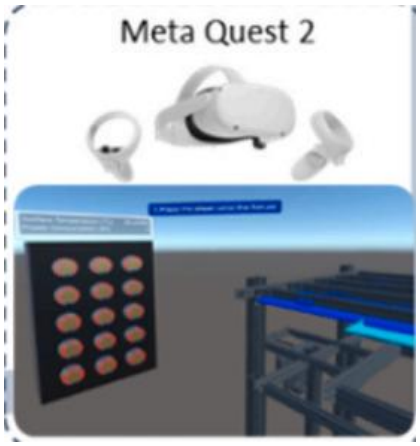
Segundo Dhalmahapatra, Verma e Maiti (2022) existem os treinamentos realizados em sala de aula orientado de forma teórica e o treinamento do trabalho, o qual utiliza as máquinas definitivas do processo. Nas indústrias é muito comum o acompanhamento de um operador experiente durante o treinamento nas máquinas definitivas.

2.2 Realidade virtual

A realidade virtual (RV) é um ambiente tridimensional gerado por computador, imersivo e interativo, nele o usuário pode interagir com o ambiente em tempo e espaço real através de elementos virtuais. Essa imersão é realizada por meio de dispositivos como headsets, luvas sensoriais e controladores conforme mostra a Figura 2.

Classified as Internal

Figura 2 - Exemplo de Equipamento para Imersão em Realidade Virtual

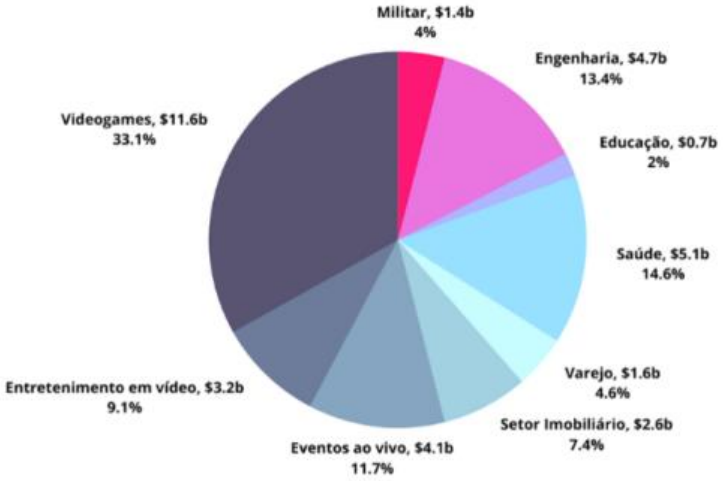


Fonte: Jalilvand et al. (2024)

Em um estudo realizado por Liu et al. (2024), a RV é definida como uma "simulação computacional de um ambiente com a capacidade de criar experiências sensoriais que imitam a percepção humana do mundo físico". A imersão total é o que diferencia a RV de outras formas de interação digital.

A Realidade Virtual tem sido aplicada em diversas áreas, na Figura 3 é possível observar alguns desses campos de atuação, bem como a proporção de utilização em cada um dos setores destacando a popularidade nas áreas de videogames, saúde e entretenimento.

Figura 3 - Campos de Atuação da Realidade Virtual



Fonte: Almeida apud Mastro et al. (2022)

Na educação, o ambiente imersivo busca unir a teoria com a prática assegurando um melhor aprendizado. Segundo Almeida (2022), a RV é comumente utilizada em educação e treinamento, e muitas vezes associada a seus ambientes imersivos, altamente visuais,

Classified as Internal

tridimensionais (3D). Desse modo a RV tem se destacado como meio de aprendizado pois pode proporcionar aos alunos uma experiencia interativa, melhorando e facilitando o aprendizado. O treinamento imersivo se mostra eficaz tanto no desenvolvimento de habilidades técnicas quanto no treinamento de habilidades sociais, como tomada de decisões sob pressão.

2.3 Treinamento operacional e realidade virtual

De acordo com Hassan et al. (2024) uma das aplicações que está se difundindo na indústria é a utilização das tecnologias imersivas para realização de treinamentos já que elas podem melhorar sua eficácia e reduzir o custo e o risco, além de aprimorar a retenção de conhecimento, bem como a troca em tempo real. De acordo com Gabka (2023) o treinamento em RV cria um ambiente simulado onde os alunos podem interagir com representações 3D de cenários do mundo real. Essa imersão ajuda os usuários a se sentirem presentes na situação de treinamento, tornando a experiência mais envolvente e realista.

Outro ponto que reforça a utilização das tecnologias virtuais como método de aprendizagem mencionado por Hirt et al. (2021) é o alto custo de máquinas paradas enquanto os operadores estão sendo treinados além do risco de danificar o equipamento devido à falta de conhecimento na operação.

Além disso, Denisa et al. (2023) comenta que a disponibilidade do equipamento acaba concorrendo com a necessidade de produção gerando uma redução na capacidade disponível durante o treinamento operacional, provocando uma dificuldade no balanceamento da produção. Conforme Kubr et al. (2021), atualmente as empresas estão focadas em agilidade e qualidade na execução da produção, dessa forma a utilização da RV como ferramenta virtual de instrução tem um grande potencial.

Conforme exposto neste capítulo, verifica-se a importância da melhoria de treinamentos com realidade virtual e como o tema ainda precisa ser explorado, de modo a popularizar os treinamentos nesse meio.

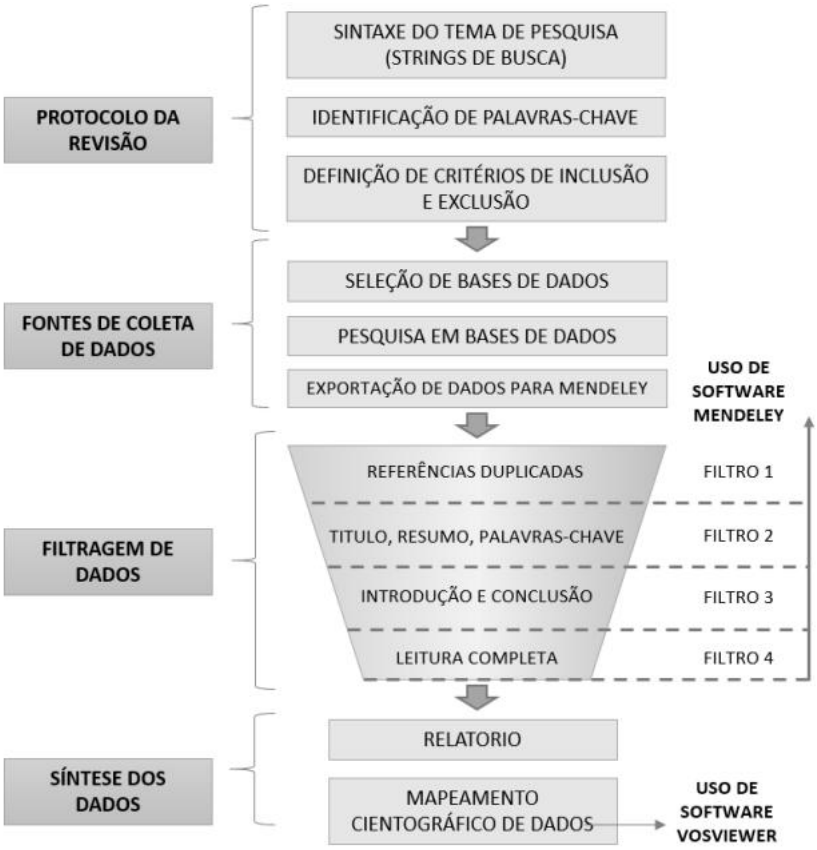
3. Metodologia

Para este estudo foi realizada uma revisão sistemática da literatura na base Scopus englobando os conceitos de realidade virtual, treinamentos e métodos de capacitação em indústrias e processos fabris.

De acordo com Catapan et al. (2021) apud Almeida (2022) o método RBS consiste nas etapas descritas na Figura 4.

Classified as Internal

Figura 4 - Fluxo de Revisão Bibliográfica utilizando o método RBS



Fonte: Catapan et al. (2021) apud Almeida (2022)

Seguindo essa diretriz a atual pesquisa compreendeu as seguintes etapas: (a) pesquisa de com palavras-chave relevantes, (b) exclusão de artigos irrelevantes para a pesquisa lendo os resumos, (c) leitura do texto completo de artigos relevantes, (d) classificação de acordo com os critérios desejados e (e), compilação das informações e desenvolvimento da pesquisa.

Nas pesquisas foram utilizadas as "*strings*": "*training"* AND "*operator*" AND "*manufactur**" AND *"VR*" OR "*virtual reality*", e realizado alguns filtros de exclusão conforme descrito no Quadro 1.

Quadro 1 - Critérios de Inclusão e Exclusão

	Critérios Inclusão	**Critérios Exclusão**
Escopo	Trabalhos relevantes sobre realidade virtual, tecnologias industriais, treinamento e metodologias de aprendizagem.	Trabalhos voltados para treinamentos na área da saúde, abordagens tradicionais, temas fora do contexto a ser estudado
Tipo de Referência	Artigos publicados em revistas ou em congressos	Publicações não relevantes academicamente
Acesso	Trabalhos acessíveis através do portal CAPES na UFPR	Trabalhos com acesso pago
Idioma	Português e Inglês	Outros idiomas
Ano	Trabalhos publicados nos últimos 5 anos	

Fonte: Autor adaptado de Almeida (2022)

Classified as Internal

Inicialmente foram encontrados 124 artigos e após a busca e a aplicação dos critérios de exclusão obteve-se 14 artigos, que foram explorados para a elaboração do presente trabalho.

4. Resultados e Discussão

De modo geral, após a leitura dos artigos, observa-se diversos pontos relevantes e resultados promissores conforme explanados no Quadro 2, de maneira resumida.

Quadro 2 – Resumo dos Principais Pontos Encontrados nos Artigos Consultados

Referências	Contribuições para a Pesquisa
MAIO ET AL. (2023)	• Avaliação da ferramenta realidade aumentada em relação aos manuais de papel tradicionais; • Melhoria na eficiência para operadores novatos durante as tarefas.
GABKA (2023)	• O artigo desenvolve um sistema de realidade virtual para ambientes de fabricação; • O sistema aprimora o monitoramento e o treinamento em ambientes de fabricação; • A imersão na realidade virtual melhora a experiência do usuário; • A interatividade em tempo real permite *feedback* tátil em ambientes virtuais.
KUBR ET AL. (2021)	• O artigo discute manuais virtuais para produção automotiva em massa; • O tempo de treinamento para novos operadores foi significativamente reduzido; • A metodologia visa agilizar e modernizar os processos de produção; • A solução é aplicável em ambientes de produção de alto ciclo; • Criação de uma metodologia uniforme para instruções de produção eficazes.
DENISA ET AL. (2023)	• Implementação prática testada em ambientes industriais para impacto no mundo real; • O artigo apresenta soluções para aumentar a agilidade de fabricação; • A virtualização auxilia no treinamento de operadores e na prototipagem de produção; • O ambiente de RV simplifica a programação de robôs para trabalhadores inexperientes.
HIRT ET AL. (2021)	• O artigo explora o treinamento em realidade virtual para operadores de máquinas-ferramenta; • Ele compara o treinamento virtual com os métodos tradicionais de instrução; • O treinamento virtual aumenta a eficiência do aprendizado para operações de máquinas-ferramenta; • Os *trainees* em RV tiveram um desempenho um pouco melhor do que o grupo de treinamento tradicional; • É possível economizar nas horas de máquina e no tempo do instrutor; • As descobertas destacam a eficácia do treinamento virtual.
BORDEGONI;CARULLI;SPADONI (2022)	• O artigo desenvolve um aplicativo de realidade virtual multissensorial para treinamento de máquinas; • Ele aprimora o aprendizado por meio de experiências práticas e imersivas; • O estudo compara o treinamento de realidade virtual com apresentações tradicionais do *PowerPoint;*

Classified as Internal

	• Usuários de RV mostraram melhores resultados de aprendizagem do que usuários inexperientes; • O aplicativo visa reduzir os custos de treinamento e melhorar o engajamento; • O treinamento em realidade virtual melhora a segurança e reduz os custos de treinamento.
PÉREZ ET AL. (2020)	• Um caso de uso demonstra sua aplicação na fabricação de montagens; • A interface de realidade virtual auxilia nos estudos de design e viabilidade; • A abordagem é econômica e melhora a produtividade; • A interface imersiva de realidade virtual melhora a visualização e a compreensão; • Facilita o treinamento do operador e a melhoria contínua após a implementação.
HASSAN ET AL. (2024)	• O artigo discute o treinamento de biorreatores baseado em RV para biociências; • Ele melhora os resultados do treinamento por meio de tecnologias imersivas e gêmeos digitais; • A simulação RV integra a produção de penicilina com o treinamento de cenários de falhas; • Aprendizagem ativa por meio da autodisponibilidade no treinamento de RV; • Rastreamento de desempenho por meio de sistema de gerenciamento de aprendizado baseado em IA.
DHALMAHAPATRA; VERMA; MAITI (2022)	• O treinamento de segurança imersivo melhorou o desempenho de segurança em 15%; • Utiliza relatórios de incidentes para identificação de requisitos funcionais; • Realidade virtual (RV) para treinamento de segurança imersivo.
PARK ET AL. (2024)	• O artigo se concentra na colaboração entre humanos e robôs na manufatura; • Ele propõe uma estrutura ligando robôs de exoesqueleto e gêmeos digitais; • Utilização da realidade virtual para interação do operador; • Implementação de um algoritmo de correção de caminho usando filtro de média móvel; • Monitoramento em tempo real das interações do robô via gêmeo digital.
LIU ET AL. (2024)	• O artigo propõe uma abordagem de ensino de robôs assistidos por realidade aumentada; • O método aborda as limitações dos métodos tradicionais de ensino de robôs; • Função de previsão de posição para evitar colisões; • Interface amigável por meio de óculos de realidade aumentada.
JALIVAND;JIYOUNG;MILANI (2024)	• Realidade mista (RM) preferida à realidade virtual RV) para treinamento; • Os métodos de treinamento manual são caros e demorados; • A RM oferece melhor experiência e confiabilidade ao usuário do que a RV; • Os aplicativos desenvolvidos demonstraram uma melhor experiência e satisfação do usuário.
MACIAS-VELASQUEZ; MEDELLIN-CASTILLO; GRACIA-BARRIENTOS (2024)	• O artigo avalia a experiência do usuário em sistemas de montagem virtual. • Concentra-se nas interações iniciais dos novos usuários e nos efeitos da duração da tarefa.

Classified as Internal

	• Sessões mais longas diminuem a intenção de uso e as emoções positivas.

Após análise dos estudos, observa-se que o treinamento em meio virtual é uma tendência consolidada e traz vários benefícios. Conforme Liu et. al (2024), os avanços recentes em tecnologia de realidade virtual estão intimamente relacionados à evolução dos dispositivos de hardware, como os óculos de realidade virtual e sistemas de rastreamento. De forma complementar, Pérez et al. (2020) ressalta que a realidade virtual é muitas vezes combinada com outras ferramentas para potencializar a eficácia dos treinamentos. Kubr et al. (2021) destaca que na área industrial à RV é amplamente utilizada em processos de fabricação e montagem com foco em precisão, proporcionando melhor qualidade e velocidade, principalmente nas instruções de montagens para novos funcionários.

Observa-se também que a maioria dos autores mostra resultados promissores utilizando essa tecnologia, indicando aumento de produtividade, facilidade, agilidade e aceleração no aprendizado. Além disso, verifica-se que a realidade virtual sozinha é promissora, mas também pode ser combinada com outras tecnologias para um resultado ainda mais interessante. Um exemplo é o estudo de Pérez et al. (2020) que utiliza a ferramenta *digital twin* para visualização de modelos mais realistas e interação humana mais eficiente. Já Jalilvand et al. (2024) combina a RV com a Realidade aumentada, trazendo resultados também com a realidade mista, integrando ambientes físicos e digitais para que seja possível visualizar a interação dos dois mundos.

Os estudos também demonstram que a realidade virtual pode ser implementada em diversos tipos de treinamentos industriais, abrangendo desde aplicações em células robóticas conforme apresentado por Liu et al. (2024) e Park et al. (2024), passando pelo treinamento em operação de equipamentos, abordado por Bordegoni, Carulli e Spadoni (2022), até atividades de montagem, como foi demonstrado no estudo de Kubr et al. (2021). Outro aspecto relevante é a aplicação de treinamentos voltados a segurança do trabalho, conforme exposto por Hirt et al. (2021), Dhalmahapatra, Verma e Maiti (2022) e reforçado por Gabka (2023), evidenciando que os óculos favorecem a percepção de riscos e os desafios em tempo real.

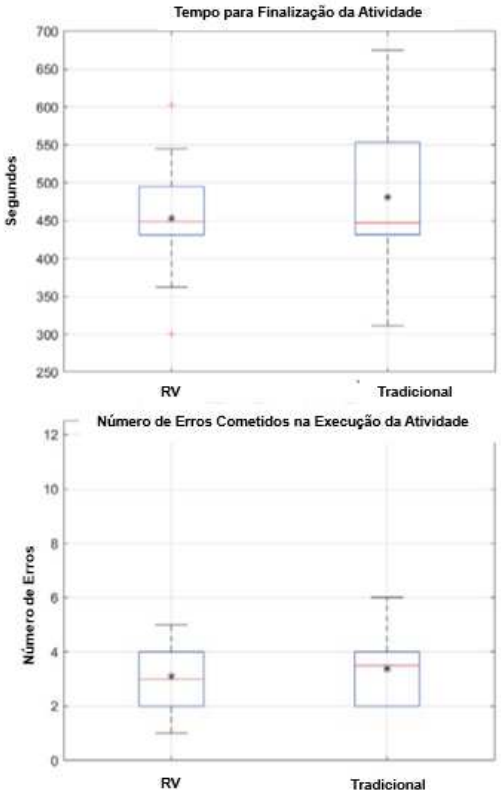
Adicionalmente, a literatura demonstra recomendações importantes na elaboração desses treinamentos. Segundo Liu et al. (2024) interfaces amigáveis são fundamentais para facilitar o entendimento e o aprendizado. Macias-Velasquez, Medellin- Castillo e Gracia-Barrentos (2024) alertam que sessões mais curtas são mais eficazes no aprendizado,

Classified as Internal

contribuindo para uma experiência agradável para o usuário e resultados mais satisfatórios. Por fim, Bordegoni, Carulli e Spadoni (2022), ressaltam que um dos desafios encontrados na utilização da RV para treinamento é a confusão das pessoas inexperientes, pois podem focar mais na exploração da ferramenta do que no conteúdo institucional

Os resultados obtidos por Hirt et al. (2021), ilustrados na Figura 5, reforçam a eficácia dos treinamentos imersivos ao comparar os métodos de instrução tradicional e por Realidade Virtual (RV), com base no tempo que os operadores levaram para concluir a atividade. Os dados demonstram que o método baseado em RV proporcionou melhor desempenho, evidenciando maior agilidade na execução das tarefas. Em complemento, a figura apresenta o número de erros operacionais cometidos em ambos os cenários, mostrando resultados promissores também na área da qualidade.

Figura 5 - Comparação em tempo x performance entre os métodos de aprendizagem virtuais e tradicionais



Fonte: Hirt et al. (2021)

Assim, é possível observar que os estudos convergem ao demonstrar a realidade virtual como ferramentas promissora em treinamentos industriais, oferecendo ganhos em eficiência, segurança e produtividade.

Classified as Internal

5. Considerações Finais

Conclui-se que a realização de treinamentos em realidade virtual apresenta grande potencial, especialmente no ambiente industrial, onde já foi em diversas áreas e mostra resultados expressivos como ganho de produtividade, maior segurança operacional, redução do tempo de máquinas paradas e redução de recursos necessários para capacitar novos colaboradores. Dessa forma, a pergunta de pesquisa é respondida positivamente, demonstrando que a realidade virtual é um método eficaz para a antecipação dos treinamentos industriais, atendendo o objetivo proposto de realizar uma revisão sistemática da literatura sobre o tema.

Considerando que a tecnologia se mostra promissora, recomenda-se, para estudos futuros, a ampliação da investigação para outras áreas de atuação, como saúde, educação e varejo. Sugere-se ainda, o desenvolvimento de métodos robustos e padronizados para a implantação dessa tecnologia em meio industrial, de modo que possa ser expandido para empresas de diversos segmentos.

Em síntese, a realidade virtual se consolida como uma ferramenta relevante e estratégica no ambiente industrial, contribuindo positivamente na capacitação das pessoas e também pode ser utilizada de forma efetiva na antecipação de treinamentos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Lucas Gregory Gomes**. Desenvolvimento de metodologia para criação de metaverso imersivo com foco em treinamentos**. 2022. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2022.

BORDEGONI, Monica; CARULLI, Marina.; SPADONI, Elena. **Multisensory Virtual Reality**. *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, v. 22, n. 3, p. 1 - 39, 2022.

DENISA, Miha et al. **Technology modules providing solutions for agile manufacturing**. *Machines*, v. 11, n. 877, p. 01 - 28, 2023.

DHALMAHAPATRA, Krantiraditya; VERMA, Abhishek; MAITI, Jharesware. **An integrated TRIZ coupled safety function deployment and capital budgeting methodology for occupational safety improvement: a case of manufacturing industry**. *Process Safety and Environmental Protection*, v. 165, p. 31-45, 2022.

GABKA, Joanna. **Devising a multi-camera motion capture and processing system for production.** *Manufacturing Technology*, v. 23, n. 04, p. 399-417, 2023.

HALLER, Martin; PEIKERT, Andreas; THOMA, Josef. **Cycle time management during production ramp-up.** *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, v. 19, n. 1-2, p. 183-188, 2003.

HASSAN, Mahmudul et al. **Virtual reality-based bioreactor digital twin for operator training**. *Digital Chemical Engineering*, v. 11, p. 1 - 10, 2024.

HIRT, Chistian et al. **Virtual reality training platform for a computer**. *Int. J. Mechatronics and Manufacturing Systems*, v.14, p. 1-17, 2021.

HONG-WEI, Xu. et al. **A fast ramp-up framework for wafer yield improvement in semiconductor.** *Journal of Manufacturing Systems*, p. 222-233, 2024.

Classified as Internal

JALILVAND, Iman et al. **VR/MR systems integrated with heat transfer simulation for training of thermoforming**: A multicriteria decision-making user study. *Journal of Manufacturing Systems*, p. 338–359, 2024.

KUBR, Jan et al. **Connecting a virtual production and PLC.** *MM Science Journal*, p. 4452-4462, 2021.

LIU, Changchun. et al. **An augmented reality-assisted interaction approach using deep reinforcement learning and cloud-edge orchestration for user-friendly robot teaching**. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, v. 85, p. 01-25, 2024.

MACIAS-VELASQUEZ, Sharon; MEDELLIN-CASTILLO, Hugo; GARCIA-BARRIENTOS, Abel. **New-user experience evaluation in a semi-immersive and haptic-enabled virtual reality system for assembly operations.** *International Journal of Human-Computer Studies*, v. 190, p. 01-17, 2024.

MAIO, Rafael et al. **Pervasive augmented reality to support logistics operators.** *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 127, p. 1631-1649, 2023.

MILGRAM, Paul; KISHINO, Fumio**. A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays**. *IEICE Transactions on Information Systems*, v. E77-D, p. 1-15, 1994.

PARK, Hoomin et al. **Integration of an exoskeleton robotic system into a digital twin for industrial.** *Robots and Computer-Integrated Manufacturing*, v. 89, p. 01-09, 2024.

PÉREZ, Luis et al**. Digital twin and virtual reality-based methodology for multi-robot manufacturing cell commissioning**. *Applied Sciences*, v. 10, p. 01 – 18, 2020.

SCHÄFER, Louis et al. **A systematic approach for simulation-based dimensioning of production systems during the concept phase of factory planning**. *Production Engineering*, v. 19, p. 813-325, 2024.

WATANABE Gilberto. **Método de aplicação da realidade virtual em avaliação ergonômica na indústria de mineração**.2023. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2023.

Classified as Internal