

# Uso de Realidade Virtual e Aumentada na Automação da Manufatura

Victor Eduardo Requia

*Departamento de Ciência da Computação*

*Universidade do Estado de Santa Catarina*

Joinville, Brasil

victorrequia@gmail.com

**Abstract**—Este trabalho tem como objetivo introduzir de maneira breve, conceitos da realidade aumentada e realidade virtual, mostrando as diferenças entre as tecnologias e suas aplicações na manufatura, quais os problemas encontrados no uso destas tecnologias e quais os problemas podem ser resolvidos ou melhorados por elas, por meio de estudos e pesquisas do estado da arte. Além disso, é apresentada uma discussão a respeito do assunto.

**Index Terms**—Realidade Aumentada, Realidade Virtual, Indústria 4.0, Manufatura

## I. INTRODUÇÃO

Com o advento da indústria 4.0, termo mais popular para descrever a Quarta Revolução Industrial e o uso crescente das tecnologias de informação e de automação no ambiente fabril [1], muitas indústrias estão buscando os benefícios que esta revolução traz, adequando seus ambientes de trabalho para esse novo cenário. “Os novos métodos utilizados, ultrapassam os limites da ciência de dados, incentivando a próxima geração de manufatura a se apresentar flexível, inteligente e interoperável [2]”. A aplicação dos conhecimentos ligados a esse conceito, moderniza as empresas, fomenta a organização em diferentes setores, introduzindo novas formas de tratar os problemas, de forma mais eficiente, com menos riscos e redução dos custos de operação. É importante ressaltar que na indústria 4.0, mesmo com toda a tecnologia envolvida, o papel do ser humano ainda é insubstituível e a interação entre humano e robô deve ser suportada [3]. Outro ponto a ser destacado, é a substituição do trabalho manual para funções mais especializadas [3], principalmente na área de manutenção, monitoramento, planejamento e simulação dos processos de produção [4].

Atualmente, por mais que estejam em fase de desenvolvimento e apresentem falhas, as duas tecnologias tratadas no decorrer do artigo (realidade virtual e realidade aumentada), estão ganhando foco e representatividade nas empresas. Testes, segurança, design e qualidade dos produtos, são exemplos de setores que têm se beneficiado com a aplicação destas tecnologias. Já existe uma ampla variedade de aplicações e a cada dia surgem mais, principalmente pela miniaturização dos componentes eletrônicos, ao aumento do poder de computação, à autonomia dos computadores e à ampla adoção de smartphones e outros dispositivos portáteis [b5].

Por mais que as tecnologias tratadas, tenham um grande foco na base da computação, aplicando principalmente métodos matemáticos, estrutura de dados, inteligência artificial e computação gráfica, é de extrema importância a interação entre o humano e a máquina. Desenvolver as ferramentas utilizadas de forma amigável para o usuário, é indispensável para qualquer tecnologia atual.

## II. REALIDADE AUMENTADA

“Realidade Aumentada, tecnologia habilitadora que utiliza a visualização computacional e o processamento das imagens e das técnicas de computação gráfica [...] é utilizada para aumentar o mundo real por meio de informações digitais, fornecendo uma interação em tempo real com os objetos reais e virtuais” [5]. “Realidade Aumentada refere-se ao mapeamento em tempo real do ambiente real” [6]. O tempo real citado, não é necessariamente no momento em que a ação acontece mas, o mais próximo possível. “As pessoas podem experimentar a Realidade Aumentada por meio de equipamentos portáteis (smartphones Android e fones de ouvido ARKit da Apple); Head-Mounted Display (HMD) (como Microsoft HoloLens e Meta 2); montagem óptica com visores montados na cabeça e projetores (Smart glasses e Data Glasses); e informações ambientais de Realidade Aumentada (sistemas de quiosque e instalações interativas de Realidade Aumentada)” [2].

## III. REALIDADE VIRTUAL

A realidade virtual é um ambiente gerado pelo computador em que o usuário tem controle tridimensional de maneira interativa, podendo manipular e explorar dados em tempo real [7]. “Trata-se de uma interface homem-máquina que simula um ambiente real” [8]. De uma maneira simplificada, podemos dizer que realidade virtual é a forma mais avançada de interface entre o usuário e o computador até agora disponível [7]. Para apoiar esse tipo de interação, o usuário utiliza dispositivos não convencionais como capacete de visualização e controle, luvas e outros. Estes dispositivos causam a impressão de que a aplicação está no ambiente tridimensional real, permitindo sua exploração a movimentação natural dos objetos com o uso das mãos [7].

#### IV. DIFERENÇAS ENTRE REALIDADE AUMENTADA E REALIDADE VIRTUAL

“Realidade Aumentada está relacionada a uma realidade mediada, na qual uma visão da realidade é modificada por meio de um sistema de computador; em contraste, a realidade virtual substitui o mundo real por um mundo simulado” [11].

#### V. REALIDADE AUMENTADA NA MANUFATURA

A Realidade Aumentada é considerada uma das principais tecnologias industriais que suporta os desafios do conceito dessa nova indústria. Em alguns estudos analisados por Ivaneu Bender e Ivandro Cecconello, a Realidade Aumentada, foi utilizada em conjunto com outras tecnologias pertencentes à Indústria 4.0, indicando a importância de uma integração entre tecnologias no contexto da manufatura em geral. Existem áreas industriais específicas onde a visualização da informação por meio da Realidade Aumentada é muito eficaz em relação às outras tecnologias, como exemplos no atendimento remoto e na localização dos pontos de fiscalização [10]. Ainda sobre os estudos conduzidos por Ivaneu Bender e Ivandro Cecconello, no qual foi feita uma revisão da literatura, verificando como a Realidade Aumentada está sendo aplicada na manufatura. Foi classificado o uso da realidade aumentada em 5 categorias, (1ª) tipo de manufatura; (2ª) setor de aplicação; (3ª) objeto de aplicação; (4ª) ciclo de desenvolvimento do produto (ciclo de vida do produto); e (5ª) software e/ou hardware. Foram selecionados 44 estudos científicos elegíveis, considerando as publicações do período entre os anos de 2015 a 2020. Segue a figura 1, mostrando as porcentagem de cada categoria por quantidade de artigos.

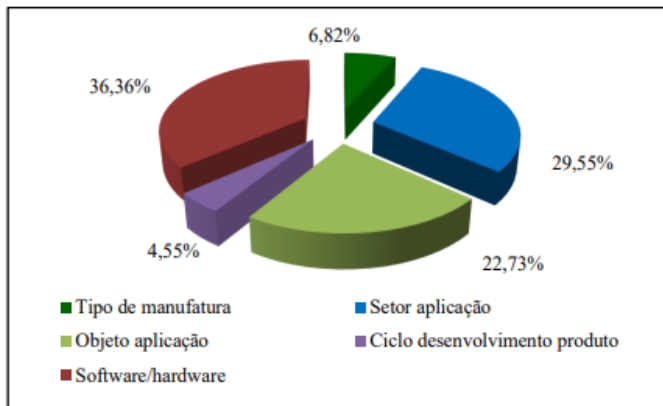


Figura 1. Classificados dos estudos elegíveis por categorias.

“Observa-se que, do total dos 44 artigos, 36,36% pertenciam à categoria de software/hardware utilizados; 29,55% à categoria de setor de aplicação; 22,73% à categoria de objeto de aplicação; 6,82% à categoria por tipo de manufatura; e 4,55% da categoria do ciclo de desenvolvimento do produto” [5]. No mesmo trabalho, tem-se que a realidade aumentada, na manufatura, é muito utilizada para a criação de manuais virtuais de manutenção; visualização das instruções de trabalho e design de produto; desenvolvimento de modelagens e simulações,

com a finalidade de aprimorar continuamente as atividades no setor fabril; para facilitar as atividades dos operadores nos processos fabris e de manutenção; e para auxiliar nas atividades apoiadoras desses processos. Podemos ver alguns dados obtidos com o tipo de manufatura tabela 1, a categoria Objeto de Aplicação na tabela 2 e na tabela 3 com a categoria Ciclo de Desenvolvimento do produto.

Segmento	Sector da Empresa	Síntese dos Resultados Obtidos
Indústria do Setor Automotivo	Produção veículos: analisar e validar a precisão e exatidão das soldas por pontos, com e sem indicações visuais.	Testes de produção e técnicas foram desenvolvidos resultando em: redução de 52% do desvio padrão da colocação manual de solda a ponto; após aplicação todas as soldas estavam dentro das especificações exigidas; e os painéis avaliados foram utilizados como produto final disponibilizado aos consumidores [35].
Aeronáutica	Manutenção: modelos de manuais de instrução virtuais aos operadores.	Redução da carga de trabalho do operador; diminuição do tempo para completar as tarefas; aumento da confiabilidade com os manuais virtuais; a aplicação se mostrou útil para a obtenção de manuais de manutenção aumentada e catálogos de peças ilustrados e; a posição da peça a ser mantida é sugerida ao operador de forma intuitiva e real na aeronave [13].
Indústria do Setor Automotivo	Estação de trabalho de montagem.	Recuperou a programação da estação de trabalho; gerou automaticamente as instruções de montagem, utilizando as informações do design de produto, enriquecidas com anotações específicas do pedido com base na personalização do produto; e foram transmitidas no ambiente em nuvem ao operador para suportar o agendamento dinâmico da produção [36].

Tabela 1 - Aplicação da Realidade Aumentada por tipo de manufatura. [5]

Objeto de Aplicação	Relatos	Síntese dos Resultados Obtidos
Manual do usuário interativo em montagens complexas	Etapas: projetista criou estrutura de montagem com sistema CAD <sup>2</sup> ; um usuário inexperiente montou as mesmas peças sem qualquer sugestão e as diferenças entre as duas sequências de montagem foram documentadas e divididas para distinguir pontos críticos na montagem; um manual do usuário virtual foi moldado em um ambiente de Realidade Aumentada e; a montagem foi então realizada pelo mesmo usuário inexperiente, guiado pela tecnologia da Realidade Aumentada.	Os resultados mostraram que o manual interativo proposto se mostrou viável para o usuário nas montagens complexas [43].
Sistema que usa visão de máquina em combinação com os algoritmos de aprendizado para vários estágios de fabricação da linha de produção.	Criação de sistema de visão semelhante ao humano para analisar e interpretar em tempo real todos os fluxos de vídeo de câmeras, detectar e contar continuamente os vários produtos na linha de produção. Todos os recursos detectados e as informações de contagem estavam disponíveis em tempo real, aumentados em uma tela de vídeo e transmitidos para a nuvem, onde puderam ser facilmente processados e armazenados.	A Realidade Aumentada apresenta ampla aplicabilidade na indústria, desde a visualização em tempo real das informações do produto e do fluxo de produção, visualização de simulações cinemáticas e exibição de deformações e cargas, até o projeto, manutenção e logística do produto [44].
Criação de documentação técnica usando símbolos para operações de manutenção e montagem.	Metodologia baseada no uso de símbolos, aplicando-se com sucesso a dois estudos de caso reais. Foi validado o layout das informações com estudo subjetivo dos usuários.	A organização visual das informações se apresentou mais clara que os manuais em formatos iFixit e PDF [21].

Tabela 2 - Aplicação da Realidade Aumentada por objeto de aplicação. [5]

Fases do Ciclo de Vida do Produto	Descrição
Projeto de Produto	A Realidade Aumentada tem sido utilizada para aumentar a maquete de um carro com diferentes ópticas de luz para avaliar <i>in-situ</i> sua aparência, para o projeto de sistemas de tubulação ou para o planejamento de fábrica. Esta forte integração de Realidade Aumentada no fluxo de trabalho de design permite fechar o ciclo entre o <i>mock-up</i> real e virtual para criar um processo de desenvolvimento mais eficiente.
Fabricação	A Realidade Aumentada tem sido utilizada como um substituto para o manual de instruções de montagem em papel. A sobrecarga de desenvolvimento para esse novo manual pode ser justificada porque o ciclo de vida dos produtos está constantemente sendo reduzido. A Realidade Aumentada não pode ser usada apenas para apoiar trabalhadores não qualificados, mas também pode ser considerado para os operadores altamente treinados que usam máquinas complexas. A Realidade Aumentada pode ser usada não somente para apoiar os trabalhadores, mas também para treinar novos trabalhadores, especialmente quando há procedimentos complexos para aprender.
Comissionamento	Este processo ocorre após a produção de um item fabricado e antes de sua utilização; consiste na verificação e documentação de sua qualidade. A Realidade Aumentada, neste caso, oferece a oportunidade de combinar os dados (CAD) diretamente no produto fabricado.
Inspeção e Manutenção	Esta é provavelmente a fase em que todas as potencialidades da Realidade Aumentada podem ser bem exploradas. Na verdade, muitas soluções foram desenvolvidas para apoiar a manutenção do sistema fabricado, por exemplo, para os dispositivos de controle de radar, usinas nucleares, aviões, bondes ou automóveis. Além disso, a Realidade Aumentada pode ser usada para apoiar o usuário, oferecendo acesso a um especialista.
Redesenho e Descomissionamento	Nesta fase, a Realidade Aumentada é mais adequada para a reforma de uma usina, por exemplo, uma usina nuclear.

Tabela 3 - Aplicação da Realidade Aumentada no ciclo de vida do produto. [5]

Nos três trabalhos envolvendo o tipo de manufatura, observamos que em todos, o uso da Realidade Aumentada teve resultados positivos na eficácia, indicando que cada vez mais, essa tecnologia vem se tornando fundamental para o bom funcionamento das atividades da manufatura como nas tarefas de manutenção, montagem e linha de produção. [5]

”Um dos estudos classificado na categoria de ciclo de desenvolvimento do produto apresentou um caso prático que objetivou verificar a legibilidade do texto em Realidade Aumentada por meio de um display usado na cabeça [...] Para os ambientes industriais em particular, foi descoberto que a textura do fundo e os níveis de iluminação podem levar a situações em que o texto passa a ser difícil ou completamente ilegível, indicando a necessidade de melhorias no uso do equipamento testado” [5].

Um ponto importante sobre o parágrafo visto anteriormente, se refere a falhas no uso da tecnologia e a busca por aprimoramento. Apesar de funcionar muito bem em diversos casos e ambientes propícios para o qual foi desenvolvido, ainda assim, erros não planejados podem ocorrer, principalmente no ambiente real da indústria que utiliza a Realidade Aumentada (a Realidade Virtual não padece de tantos problemas em relação ao ambiente pois como vimos, toda realidade é criada artificialmente). Como a tecnologia ainda está em fase de desenvolvimento, é natural o crescimento lento e falhas mais frequentes das ferramentas e aplicativos. Com novos equipamentos, aprimorando o hardware e atualizações constantes nos softwares, novas funcionalidades são propostas e a imersão se torna maior, além da correção de problemas catalogados. Isso ocorre também com a Realidade Virtual.

Outro setor de aplicação é o de treinamento de funcionários. No trabalho [13], os autores buscaram o desenvolvimento de uma abordagem capaz de auxiliar os trabalhadores não especializados para trabalhar diariamente com sistemas de automação. Utilizando os seguintes dispositivos de comunicação para a Realidade Aumentada (figura 2).

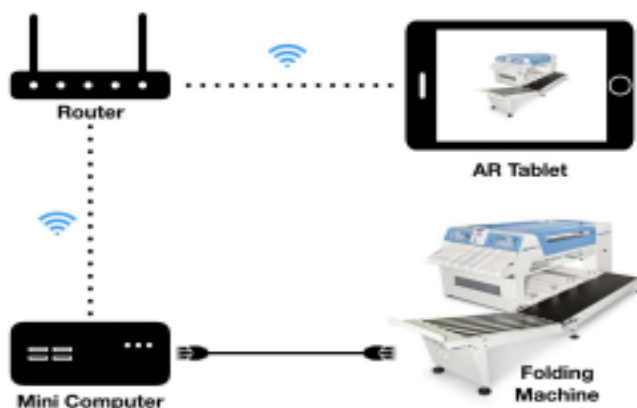


Figura 2. Comunicação e hardware para o protótipo. [13]

É interessante notar que, não é preciso de muita tecnologia para desenvolver um protótipo para a Realidade Virtual. Dispositivos acessíveis e de fácil oferta, podem ser a porta de

entrada para a empresa que pensa em promover a tecnologia em questão.

Além da visualização, também era possível a interação e visualização de informações relevantes sobre os objetos virtuais. Foram propostos quatro procedimentos para apresentação de uma máquina. 1) Um estudo exploratório, na qual os usuários podem ver informações sobre determinada parte da máquina 2) Um tour guiado, tem como objetivo mostrar partes internas da máquina e os processos internos 3) Tutoriais, para ensinar de forma direta a interação e configuração do sistema 4) Visão de máquina, visualiza os dados do sensor para a representação da visão da máquina

No modo exploração, ao ler o QR Code (pelo dispositivo de interação), localizado ao lado da máquina proposta para a aplicação, botões virtuais aparecem no display do tablet, permitindo a interação com o usuário (figura 3). Ativando um desses pontos, é possível visualizar as informações da máquina em forma de imagens, objetos virtuais ou animações.



Figura 3. Máquina dobradeira com pontos de acesso no modo de exploração. [13]

No modo tutorial, o usuário pode selecionar em uma lista, diferentes tutoriais pré-definidos para interagir com o sistema de Realidade Aumentada, podendo ajustar as configurações ou realizando atividades regulares na máquina. Depois de ativar um dos tutoriais, as etapas e procedimentos são mostrados no dispositivo virtual. Na figura 4, um exemplo é apresentado.



Figura 4. Um passo do tutorial para limpar os interruptores de luz da máquina. [13]

A seta verde e a marca vermelha, indicam o local para onde o operador deve se deslocar. Os interruptores a serem limpos, são contornados em azul. Existe também um texto na parte superior do visor do tablet, mostrando a descrição do procedimento.

A visita guiada foi implementada em um tutorial passo a passo interativo, orientando o usuário no processo de dobragem da máquina. várias sequências do processo de dobragem e partes ocultas da máquina são visualizados através de animações e imagens virtuais. Um exemplo é mostrado na Figura 5.

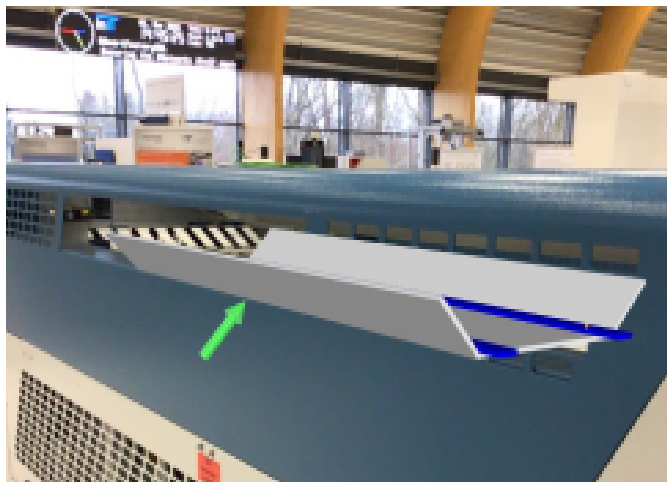


Figura 5. A visualização de uma animação para o processo de dobragem longitudinal. [13]

Para os autores, a avaliação dos sistemas ainda é um trabalho em andamento e requer o desenvolvimento de protótipos avaliáveis. Pesquisas futuras em IHC podem ajudar a entender melhor perguntas como: os usuários poderão entender melhor os sistemas automatizados com Realidade Aumentada ? Como os sistemas automatizados podem ser visualizados em Realidade Aumentada para facilitar a compreensão dos usuários ? AS pessoas serão capazes de aprender sobre sistemas automatizados complexos com Realidade Aumentada ? [13].

É notável o poder que esse sistema desenvolvido tem para fomentar uma nova forma de ensino das operações de manufatura, para funcionários sem o conhecimento prévio, ou não o suficiente para operar os processos e máquinas. Ajuda a capacitação de forma segura, sem interruptividade do sistema, visualizando até mesmo partes obscuras da máquina, sem precisar desmontá-la para estudo. Possui a capacidade também de detectar possíveis problemas e instruir o trabalhador de forma eficiente a resolver o impedimento.

#### A. Benefícios da Realidade Aumentada na Manufatura

Realidade Aumentada foi aplicada em vários processos fabris o que vem propiciando uma melhora na utilização dos recursos humanos, pois auxilia os operadores nas aplicações industriais durante as fases decisivas dos processos [5]. Também

são característicos os benefícios envolvendo a Realidade Virtual na manufatura, a redução da taxa de erros de montagem e fornecimento de maneiras fáceis de se comunicar com os especialistas em tarefas de manutenção [5].

#### VI. REALIDADE VIRTUAL NA MANUFATURA

Apesar do grande público se interessar pela tecnologia de realidade virtual pelo entretenimento que pode proporcionar, a maior parte das tecnologias inovadoras ainda são para uso profissional [7]. “A realidade virtual vem em auxílio ao desenvolvimento de novos projetos ou a modificação dos já existentes no mercado. Os projetistas podem interagir, manipular e validar suas peças ou produtos com as facilidades que a ferramenta proporciona” [7]. Na indústria algumas áreas de aplicação da realidade virtual são os setores de planejamento de fábricas, simulação da produção, auxílio na divulgação de produtos, treinamento de funcionários e validação de protótipos [7]. É importante destacar o uso da realidade virtual no desenvolvimento de produto, principalmente na fase de prototipação. Simulando o produto nos estágios iniciais de desenvolvimento, podemos ver a geometria, topologia e física do objeto de estudo, interagindo com o mesmo, em tempo real. Com essa prática, podemos gerar uma grande economia no projeto, além de desencadear outros benefícios, vistos na seção Benefícios da Realidade Virtual na manufatura.

Esse tipo de prototipação virtual é muito utilizado em empresas automobilísticas. A tabela 3 mostra algumas empresas automobilística e o uso dos protótipos virtuais.

Empresa	Aplicação
Renault Design	Testar o produto antes de ser fabricado. Foi feita uma simulação da performance do protótipo de um de seus carros, o Racoon, utilizando uma técnica de filmagem que mistura ambientes reais com objetos virtuais (THALMANN & THALMANN, 1993; AUGUSTO, 1995)
Chrysler-Jeep	Desenvolveram modelos dinâmicos de seus veículos. Esses modelos passam por uma rigorosa análise dos possíveis problemas que podem ocorrer e que só poderiam ser gerados e duplicados em grandes terrenos ao ar livre com vários protótipos dos veículos a serem testados (DVORAK, 1997).
Ford Motors	Sofisticados ambientes tecnológicos virtuais para projeto e engenharia de automóveis, trata-se da divisão CAVSE (Core & Advanced Vehicle System Engineering) que utiliza a RV para simulação e prototipação virtual, tomando como principais pontos de pesquisa, a aerodinâmica, a ergonomia e a modelagem de superfície do protótipo do veículo a ser construído (BLANCHARD, 1995).
General Motors	Projeto que utiliza um sistema CAVE, denominado VirtualEye, para facilitar o desenvolvimento de novos modelos de veículos (MAHONEY, 1995; EXHIBITORS, 1997) e sua unidade de montagem de caminhões (Detroit, Michigan) utiliza <i>softwares</i> da empresa Deneb Robotics (Deneb Robotics, 1997) para prototipação e avaliação da montagem de seus veículos.
Land Rover	Utiliza a realidade virtual para projetar e validar rápidas prototipagens dos seus novos modelos de veículos e para auxiliar na ampliação de sua fábrica.
Caterpillar	Ambiente virtual para testes de novos projetos e melhoria dos processos de montagem de equipamentos pesados (MAHONEY, 1995; Folks, 1997). Esses testes são para avaliar o <i>design</i> do veículo e determinar a visibilidade proveniente da cabine de comando do trator (BLANCHARD, 1995). Neste projeto, o operador senta-se numa plataforma equipada com os mesmos controles de uma cabine real de um trator. Esta plataforma está localizada num CAVE (BANERJEE & BANERJEE, 1995; CRUZ-NEIRA <i>et al.</i> , 1992), que é um sistema baseado em RV que possui o formato de um cubo e tem suas paredes forradas com telas, onde são exibidas as animações gráficas.

Tabela 4 - Prototipação virtual na área automobilística. [7]

Outro tipo de Realidade Virtual utilizada na manufatura que merece destaque, é a simulação. Um exemplo antigo, porém mostra um ponto importante retratado no parágrafo posterior, aconteceu na na Ford Alpha Simultaneous Engineering. Existia um processo de avaliação, que utilizava realidade virtual para



montagem dos veículos pelos usuários. Era utilizado CAD para representar as peças, que quando prontas, eram entregues ao sistema de realidade virtual. O usuário interagiu com o sistema, na tentativa de montar o veículo enquanto eram coletadas informações de interferências e colisão das peças que estavam sendo inseridas no veículo, além de avaliação da ergometria e das operações de montagem [11].

Conseguimos notar com o exemplo, que a Realidade Aumentada foi associada a outra ferramenta da área de manufatura. Essa é uma prática comum tanto da Realidade Aumentada como da Realidade Virtual. Isso ressalta a importância da mão de obra especializada em diversos ramos da fábrica, para aumentar a eficiência e otimização das tecnologias em vigor e assegurar a boa comunicação entre os profissionais de cada setor.

#### A. Benefícios da Realidade Virtual na manufatura

“A Realidade Virtual tem contribuído para aprimorar o desempenho de técnicas em muitas áreas, gerando principalmente mais flexibilidade às ferramentas visuais” [7]. Nos artigos [12], algumas vantagens e facilidades são citadas quando usadas as tecnologias de Realidade Virtual, temos: projetar máquinas que podem ter suas propriedades estruturais avaliadas e testadas; desenvolver uma ergonomia funcional e confiável, sem ter que construir um modelo em escala real; projetar produtos que possuam design de acordo com a preferência de cada cliente; garantir que os equipamentos fabricados estejam dentro das normas estabelecidas pelos órgãos governamentais; facilitar operações remotas e controle de equipamentos; desenvolver e avaliar processos que assegurem a manufaturabilidade, antes de produzir o produto em escala comercial; desenvolver planos de produção e simular sua correção; educar funcionários em técnicas avançadas de manufatura, com ênfase em segurança no trabalho.

Para os benefícios gerados pela prototipação do produto, temos alguns destaques, citados [7]: Diminuição de custos: Não é preciso fazer um grande número de protótipos físicos, e consequentemente diminui a quantidade de trabalho humano empregado no projeto e a quantidade de ferramentas e matéria prima que seriam usadas no protótipo. Diminuição de tempo: Sem fazer um grande número de protótipos físicos, o tempo de desenvolvimento diminui, além dos resultados dos protótipos virtuais serem obtidos mais rapidamente, antes do custo de produção ser fixado. Melhoria da Qualidade: é muito mais rápido fazer a modificação computacional do modelo do que fisicamente, permitindo uma validação mais rápida sobre os critérios do cliente em todos os estágios de desenvolvimento.

## VII. CONCLUSÃO

É notável que a evolução da manufatura e da tecnologia andam lado a lado. Com a introdução do termo indústria 4.0, tem-se uma nova forma de visualizar o trabalho e a resolução de problemas. Com uma melhor qualidade nos processos de várias áreas, redução dos custos no longo prazo, e tempo de produção menor, empresas buscam se adaptar à nova realidade. A busca por mão de obra especializada e automatização dos

processos tem se tornado cada vez mais essencial para a modernização e adaptação aos moldes do novo conceito de indústria.

Neste artigo, duas tecnologias habilitadoras da indústria 4.0 foram abrangidas, são elas: Realidade Aumentada e Realidade Virtual. O principal ponto do trabalho foi a definição dos termos, a diferença entre elas, como cada um é usado na manufatura, seus benefícios, além de uma discussão sobre o assunto. Com as diversas aplicações apresentadas, conseguimos ver como essas tecnologias ajudam resolver problemas e em quais situações elas apresentam benefícios.

## REFERENCES

- [1] I. D. M. Aripin, E. M. A. Zawawi, Z. Ismail, “Factors influencing the implementation of technologies behind industry 4.0 in the Malaysian construction industry,” *Matec Web of Conferences*, vol. 266, pp. 1-6, 2019.
- [2] J. Wang, J. Erkoyuncu, R. Roy, “A conceptual design for smell based augmented reality: case study in maintenance diagnosis,” *Procedia CIRP*, vol. 78, pp. 109-114, 2018.
- [3] J. Kruger, T. K. Lien, and A. Verl, “Cooperation of human and machines in assembly lines,” *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, vol. 58, no. 2, pp. 628-646, 2009.
- [4] I. Malý, D. Sedláček and P. Leitão, “Augmented reality experiments with industrial robot in industry 4.0 environment,” 2016 IEEE 14th International Conference on Industrial Informatics (INDIN), 2016, pp. 176-181, doi: 10.1109/INDIN.2016.7819154.
- [5] Bender, Ivaneu e Ceconello, Ivandro. (2020). Aplicações da Realidade Aumentada na Manufatura: uma Revisão da Literatura. *Scientia cum Industria*. 8
- [6] E. Tzimas, G. Vosniakos, E. Matsas, “Machine tool setup instructions in the smart factory using augmented reality: a system construction perspective,” *International Journal for Interactive Design and Manufacturing (IIJDeM)*, vol. 13, pp. 121-136, 2018.
- [7] VALERIO NETTO, A. et al. A utilização da realidade virtual na engenharia mecânica, *Anais do XIV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica – COBEM*, Bauru, Dez, 1997
- [8] LATTI, J.N. e OBERG, D.J. A conceptual virtual reality model, *IEEE Computer Graphics Applications*, pp. 23-29, Jan, 1994
- [9] I. Rabbi and S. Ullah, “Extending the tracking distance of fiducial markers for large indoor augmented reality applications,” *Advances in electrical and computer engineering*, vol. 15, no. 2, p. 59-64, 2015.
- [10] G. W. Scurati, M. Gattullo, M. Fiorentino, F. Ferrise, M. Bordegoni, A. E. Uva, “Converting maintenance actions into standard symbols for augmented reality applications in Industry 4.0,” *Computers in Industry*, vol. 98, pp. 68-79, 2018.
- [11] RESSLER, S.: Virtual reality for manufacturing – case studies, National Institute of Standards and Technology, 1997. (<http://www.nist.gov/itl/div894/ovrt/projects/mfg/mfgVRcases.html>)
- [12] KREITLER, M. et al.: “Virtual environments for design and analysis of production facilities”, IFIP WG 5.7 Working Conference on Managing Concurrent Manufacturing to Improve Industrial Performance, Washington – USA, September, 1995. (<http://weber.u.washington.edu/~jheim/VirtualManufacturing/vrPaperIFIP.html>)
- [13] Mario Heinz, Sebastian Büttner, and Carsten Röcker. 2019. Exploring training modes for industrial augmented reality learning. In *Proceedings of the 12th ACM International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments (PETRA '19)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 398–401. <https://doi.org/10.1145/3316782.3322753>