



ConBRepro

X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



02 a 04
de dezembro 2020

Impactos da Realidade Aumentada na Manufatura: Uma revisão sistemática da literatura

Patrick Fonseca Alexandre

Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Federal do Paraná

Luiz Felipe Simioni Ditzel

Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Federal do Paraná

Izabel Cristina Zattar

Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Federal do Paraná

Robson Seleme

Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Federal do Paraná

Resumo: O avanço tecnológico gera uma alta competição entre as indústrias, a utilização de todos os meios possíveis para se ganhar vantagem competitiva se fazem necessários. Com o passar dos anos as tecnologias se tornaram mais presentes no âmbito industrial. O fornecimento de plataformas para aprendizagem virtual e simulações, contribui diretamente para que haja um posicionamento distinto da indústria. Nesse contexto, podemos observar que a Realidade Aumentada (RA) se torna cada vez mais útil e utilizada na indústria, em diversos aspectos, como por exemplo no treinamento de novos colaboradores e a visualização de novos projetos revolucionando assim a forma como as empresas proporcionam experiências aos seus consumidores, funcionários e a maneira que é vista no mercado em geral. Sendo assim, esta pesquisa tem como objetivo analisar os impactos da realidade aumentada nas operações de manufatura. Para atingir o objetivo, foi feita uma revisão sistemática da literatura. Como resultados, obteve-se diversas utilidades para a realidade aumentada.

Palavras-chave: Realidade Aumentada, Manufatura, Operações, Revisão Sistemática.

Impacts of Augmented Reality on Manufacturing: A systematic literature review

Abstract: Technological advancement generates high competition between industries, the use of all possible means to gain competitive advantage is necessary. Over the years, technologies have become more present in the industrial environment. The provision of platforms for virtual learning and simulations, directly contributes to a different positioning for the industry. In this context, we can see that Augmented Reality (AR) becomes increasingly useful and used in the industry, in several aspects, such as training new employees and visualizing new projects, thus revolutionizing the way companies provide experiences to its consumers, employees and the way it is seen in the market in general. Therefore, this research aims to analyze the impacts of augmented reality on manufacturing operations. To achieve the objective, a systematic literature review was carried out. As a result, there were several uses for augmented reality.

Keywords: Augmented Reality, Manufacturing, Operations, Systematic Review.

1. Introdução

Na era da Indústria 4.0, as necessidades dos consumidores em relação a produtos de alta complexidade, alta qualidade e personalização em massa cresceram a um ritmo cada vez mais acelerado (LAI et al., 2020). Além disso, a qualidade dos produtos desempenha um papel vital, uma vez que a dificuldade de montagem de produtos aumenta. De acordo com Leu et al. (2018), muitas empresas líderes de fabricação perceberam o potencial da tecnologia da realidade aumentada e começaram a utilizá-la, tendo sucesso em várias áreas, desde a área médica até a linha de montagem.

O termo Realidade Aumentada (RA) foi definido como um sistema que complementa um mundo real com objetos virtuais (gerados por computador) que parecem coexistir no mesmo espaço que o mundo real (AZUMA et al., 2001). De acordo com Palmarini et al. (2017), aumentar o desempenho humano é o objetivo da realidade aumentada, fornecendo as informações necessárias para uma determinada tarefa específica. O uso desta tecnologia nos processos de fabricação relacionados à simulação, assistência e orientação demonstrou ser uma tecnologia eficiente que ajuda nos problemas.

Segundo Van Lopik et al. (2020), apesar de não ser um conceito novo, o avanço tecnológico, incluindo maior poder computacional, redução de custos e miniaturização, resultou em um ressurgimento do uso da realidade aumentada. De acordo com Davies (2015), a realidade aumentada é classificada pela União Europeia como uma das principais tecnologias que impulsionarão o desenvolvimento da fábrica inteligente, permitindo interações perfeitas entre máquinas e seres humanos através da visualização de informações interativas e contextuais (LONGO et al., 2015; MASOOD; EGGER, 2020). Sendo assim, a figura 1 apresenta as tarefas mais relevantes relacionadas a ambientes industriais e campos de fabricação em que esta tecnologia agrega valor.

FIGURA 1 - Valores da realidade aumentada industrial através da indústria 4.0



Fonte: Adaptado de Alcácer e Cruz-Machado (2019)

Os componentes básicos de um sistema de realidade aumentada são a tecnologia de visualização, um sistema de rastreamento, um sistema de sensores, uma unidade de processamento e a interface do usuário (MASOOD; EGGER, 2020). A figura 2 apresenta a interação entre seus componentes, sua função e as tecnologias utilizadas.

FIGURA 2 - Componentes e sua interação com um sistema de realidade aumentada



Fonte: Adaptado de Masood e Egger (2020)

A tecnologia de Realidade Aumentada é usada para exibir dados virtuais (imagem, texto, vídeo) no mundo real. Os dados virtuais melhoram a visualização e proporcionam uma melhor compreensão do sistema ou do objeto necessário (SREEKANTA; SARODE; GEORGE, 2020). Também ajuda a melhorar a interação do usuário com os dados.

Como os objetos virtuais são gerados por computador, eles podem ser sobrepostos contextualmente e registrados espacialmente com a parte física real em tempo real, permitindo que o usuário realize inspeção, manutenção e facilite a colaboração / cooperação com máquinas remotas e especialistas em seres humanos (RUNJI; LIN, 2020). Estes autores também afirmam que, a inspeção e manutenção assistida por RA resultam em melhor precisão, economia de tempo e custo, adequação e visualização, especialmente para novos funcionários. A inspeção pode ser feita em qualquer estágio do processo de fabricação, para produtos em lotes ou únicos, seguido de uma decisão sobre a necessidade de substituir, retrabalhar ou desfazer-se dos produtos não conformes (MANDROLI; SHRIVASTAVA; DING, 2006; RUNJI; LIN, 2020).

Assim sendo, esta pesquisa tem como objetivo analisar os impactos da realidade aumentada nas operações de manufatura. A seção seguinte apresenta a metodologia utilizada nesta pesquisa.

2. Metodologia

Para atingir o objetivo, a análise seguiu os passos metodológicos de revisão sistemática da literatura propostos pelos autores Denyer e Tranfield (2009), conforme figura 1. A pergunta a ser respondida pela revisão é “Quais são os impactos da realidade aumentada na manufatura?”. Sendo assim, foi realizada uma busca de estudos iniciais seguindo o protocolo apresentado.

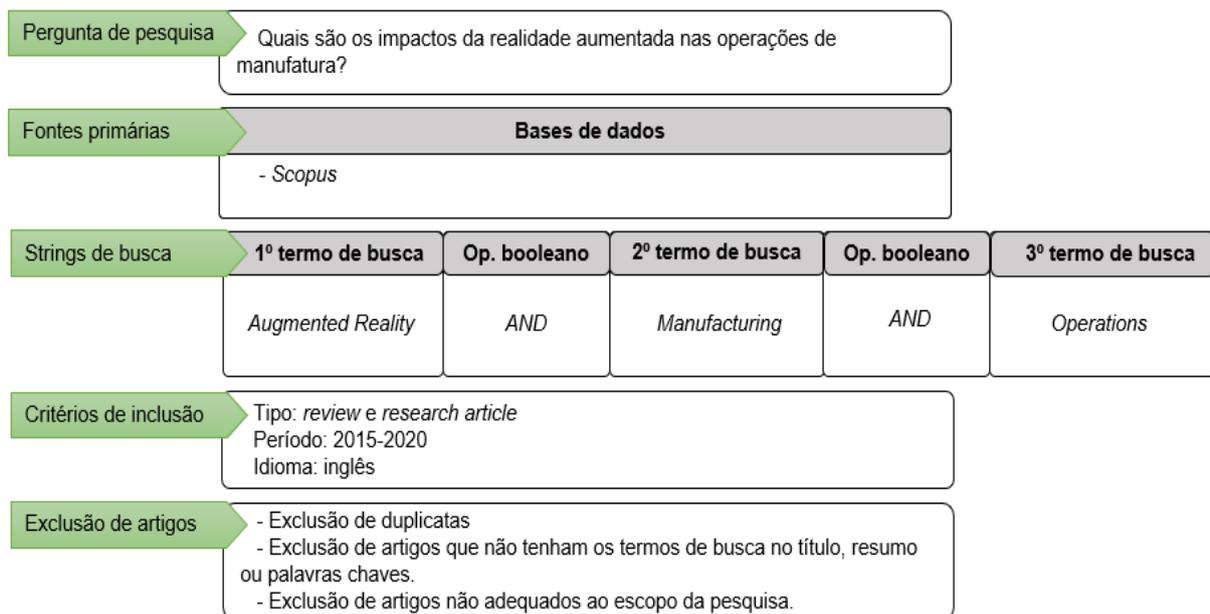
FIGURA 3 - Passos metodológicos



Fonte: Adaptado de Denyer e Tranfield (2009)

Ao que se refere a localização de estudos, foi escolhida a base de dados Scopus como fonte de pesquisa. Esta base foi escolhida por apresentar uma fonte de dados relevante sobre o tema. Na sequência, as palavras-chave de pesquisa ou strings de busca foram definidas, palavras-chave como “augmented reality” e “manufacturing” e “operations” foram utilizadas na busca por conteúdos aderentes ao tema desta pesquisa. Inicialmente foram encontrados 2468 documentos, entretanto, com a aplicação de critérios de exclusão e inclusão de artigos a amostra final foi definida. A figura 4 apresenta o protocolo completo utilizado para definição da amostra. A partir do protocolo de pesquisa, foram encontrados um total de 26 artigos para posterior análise.

FIGURA 4 - Protocolo de pesquisa



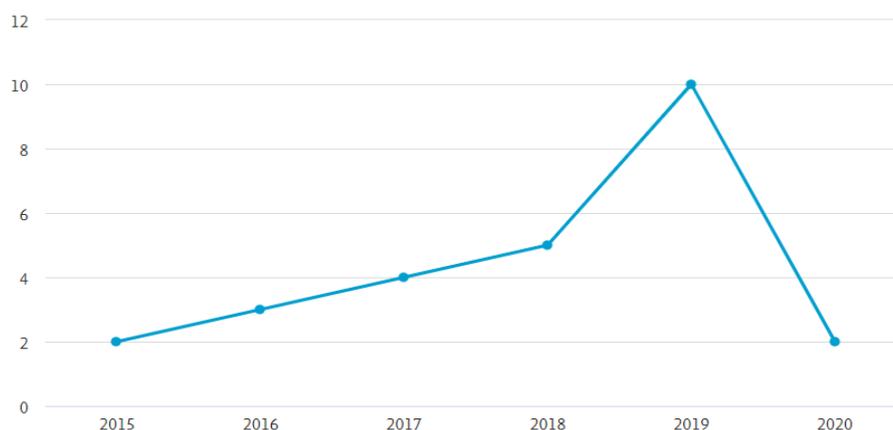
Fonte: Os autores (2020)

A próxima seção apresenta os resultados encontrados na forma de uma análise bibliométrica.

3. Análise Bibliométrica

A partir do grupo de artigos obtidos, foi realizada uma análise cronológica do número de publicações do período de 2015 a 2020, onde observou-se que desde o ano de 2015, houve um número crescente de publicações sobre o tema. Entretanto, nada pode-se concluir sobre o ano de 2020, uma vez que esta pesquisa foi realizada durante este ano. A figura 5 apresenta o número de documentos publicados em relação ao seu ano de publicação respectivamente.

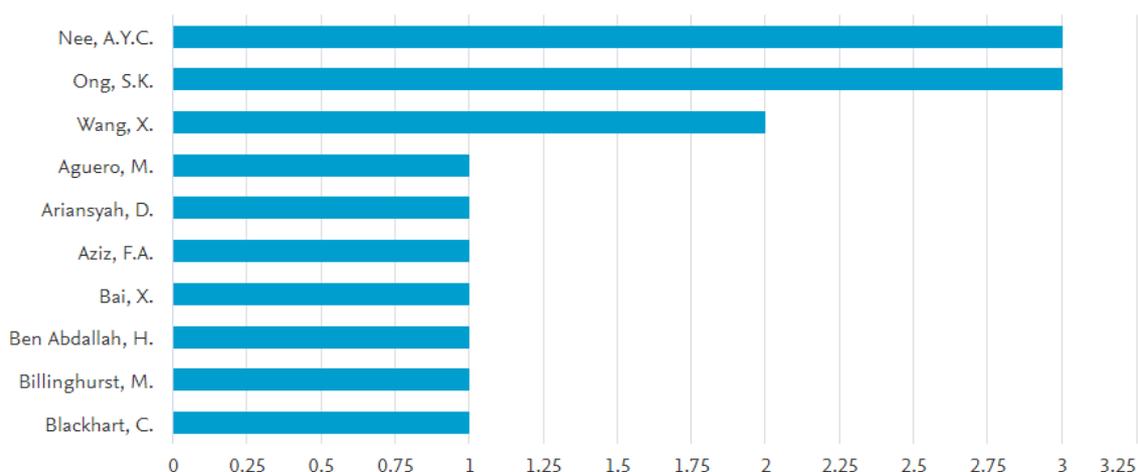
FIGURA 5 - Publicações por ano



Fonte: Base de dados Scopus (2020)

Foi realizada uma análise por autor, foram escolhidos apenas os 10 autores com o maior número de documentos publicados para compor a análise. O autor Nee possui o maior número de publicações, conforme figura 6.

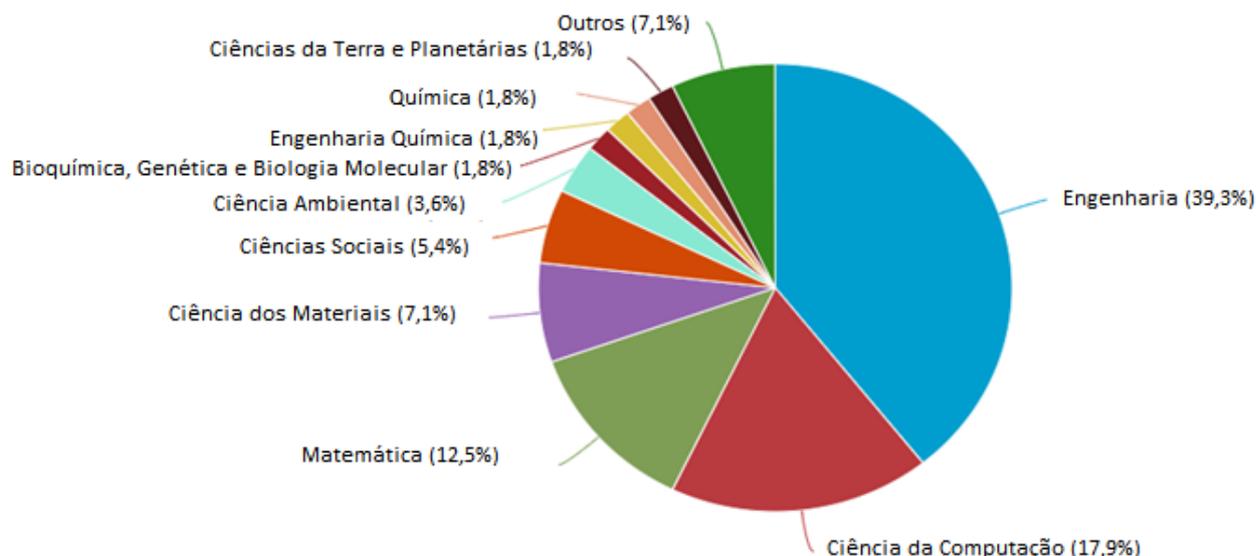
FIGURA 6 - Publicações por autor



Fonte: Base de dados Scopus (2020)

Uma análise por áreas de pesquisa também foi feita, na qual a área de engenharia corresponde a 39,3% do número de documentos publicados, a figura 7 apresenta esta análise.

FIGURA 7 - Publicações por área



Fonte: Base de dados Scopus (2020)

Na fase de análise e síntese, foram extraídos dos artigos selecionados os objetivos, resultados obtidos, bem como outras informações relevantes para esta pesquisa. A próxima seção apresenta estas informações.

4. Análise e Síntese

Para atingir o objetivo proposto, foi realizada uma síntese de 20 artigos a partir da amostra selecionada previamente, destacando as principais contribuições ou resultados de cada estudo sobre o referido tema, conforme apresentado no quadro 1.

QUADRO 1 - Contribuição dos artigos selecionados

Autores	Ano	Título	Resultados/Contribuição
S. K. Ong, X. Wang, A. Y. C. Nee	2020	<i>3D bare-hand interactions enabling ubiquitous interactions with smart objects</i>	Um método MBHI foi proposto para aplicações e interações com SOs em uma fábrica inteligente de fabricação. O MBHI forneceu uma interface de mão dupla que proporcionou interações diretas e intuitivas entre um usuário e os objetos virtuais e SOs em um ambiente de Realidade Aumentada.
Dedy Ariansyah, Francesco Rosa, Giorgio Colombo	2020	<i>Smart Maintenance: A Wearable Augmented Reality Application Integrated with CMMS to Minimize Unscheduled Downtime</i>	O objetivo do artigo é demonstrar a interação entre o sistema de realidade aumentada e CMMS e estabelece uma abordagem mais eficaz para lidar com falhas inesperadas nos contextos atuais do ambiente industrial,

			caracterizados pela complexidade, conectividade e diversidade do sistema de produção
Francesco Longo, Letizia Nicoletti, Antonio Padovano	2019	<i>Ubiquitous knowledge empowers the Smart Factory: The impacts of a Service-oriented Digital Twin on enterprises' performance</i>	Esta pesquisa mostra que uma abordagem centrada no ser humano e orientada como conhecimento pode impulsionar o desempenho das iniciativas da Indústria 4.0 e levar uma Fábrica Inteligente a atingir todo o seu potencial.
Hamdi Ben Abdallah, Igor Jovančević, Jean-José Orteu, and Ludovic Brèthes	2019	<i>Automatic Inspection of Aeronautical Mechanical Assemblies by Matching the 3D CAD Model and Real 2D Images</i>	Neste artigo, foi proposto um sistema de inspeção automatizado para montagens mecânicas em um contexto aeronáutico
Francesco De Pace, Federico Manuri, Andrea Sanna, Davide Zappia	2019	<i>A Comparison Between Two Different Approaches for a Collaborative Mixed-Virtual Environment in Industrial Maintenance</i>	A pesquisa proposta visa avaliar um sistema de interação remota em um treinamento industrial ambiente de realidade mista colaborativa (CMR). Um usuário especialista remoto é capaz de explicando um procedimento de treinamento a um usuário local não qualificado. Usuários remotos e locais interagir usando diferentes sistemas de interação: o operador remoto fornece assistência usando um dispositivo imersivo de realidade virtual (VR), enquanto o usuário local interage usando um dispositivo vestível Realidade Aumentada (AR).
Peng Wang, Shusheng Zhang, Mark Billinghamurst · Xiaoliang Bai · Weiping He · Shuxia Wang · Mengmeng Sun · Xu Zhang	2019	<i>A comprehensive survey of AR/MR-based co-design in manufacturing</i>	Este artigo apresenta uma pesquisa abrangente das pesquisas, projetos e características técnicas existentes entre 1990 e 2017 no domínio do co-design baseado na tecnologia Realidade Aumentada.

A. Kokkas, · G. C. Vosniakos	2019	<i>An Augmented Reality approach to factory layout design embedding operation simulation</i>	O objetivo deste trabalho é o planejamento de layout de máquinas, especialmente para Sistemas de Manufatura Flexível, usando Ferramentas de realidade aumentada.
Maryam Safi, Joon Chung, Pratik Pradhan	2019	<i>Review of augmented reality in aerospace industry</i>	Este trabalho apresenta uma visão geral das aplicações aeroespaciais da vida real da tecnologia AR, que foi usada em toda a engenharia, navegação, treinamento e simulação.
Victoria Jayne Mawson, Ben Richard Hughes	2019	<i>The development of modelling tools to improve energy efficiency in manufacturing processes and systems</i>	Este estudo revisou metodologias e estruturas desenvolvidas para análise do consumo de energia no nível do processo da máquina
Gabriela Gabajová, Beáta Furmannová, Iveta Medvecká, Patrik Grznár, Martin Krajčovič and Radovan Furmann	2019	<i>Virtual Training Application by Use of Augmented and Virtual Reality under University Technology Enhanced Learning in Slovakia</i>	O principal objetivo deste estudo foi testar e documentar como as tecnologias imersivas podem ser úteis em um processo de ensino.
HeeChul Kim	2018	<i>A study on bus safety operation system applying IoT technology</i>	O objetivo deste estudo é analisar os produtos orientados ao usuário que se diferenciaram dos produtos de saúde da IoT existentes, com o conhecimento da tecnologia de fabricação de dispositivos de saúde baseados em comunicação sem fio.
Matteo Ragnia, Matteo Perinia,	2018	<i>ARTool Zero: Programming trajectory of touching probes using augmented reality</i>	O trabalho mostra a implementação de uma nova interface para máquinas e fabricação, o que permite aos

Amedeo Settib, Paolo Bosettia,			operadores desenvolver rapidamente complexos programas de peças em uma interface aumentada. O principal objetivo do ARTool Zero é a redução do tempo de configuração para processos de fabricação que requerem alinhamento da máquina.
Valeria Villani, Fabio Pini, Francesco Leali, Cristian Secchi, Cesare Fantuzzi	2018	<i>Survey on Human-Robot Interaction for Robot Programming in Industrial Applications</i>	Este artigo fornece uma pesquisa abrangente sobre abordagens de interação humano-robô e interfaces relacionadas a programação de robôs. Uma visão geral das técnicas de programação de robôs on-line e off-line é apresentado pela primeira vez.
L. Damiani, M. Demartini, G. Guizzi, R. Revetria, F. Tonelli	2018	<i>Augmented and virtual reality applications in industrial systems: A qualitative review towards the industry 4.0</i>	O objetivo deste estudo é investigar o estado atual dessas tecnologias inovadoras e suas práticas aplicação em sistemas industriais, definindo suas principais características.
I. Calvo, F. López, E. Zulueta, P. González, Nalda.	2016	<i>Towards a methodology to build virtual reality manufacturing systems based on free open software technologies</i>	Este trabalho apresenta uma metodologia que ajuda programadores a construir sistemas de realidade virtual e aumentada, válido para um grande número de plantas industriais. A abordagem é baseada em tecnologias abertas, a maioria delas grátis.
A. M. REYES, O. O. V. VILLEGAS, E. M. BOJ_ORQUEZ, V. G. C. S_ANCHEZ, M. NANDAYAPA	2016	<i>A Mobile Augmented Reality System to Support Machinery Operations in Scholar Environments</i>	Este artigo propõe um sistema de realidade aumentada móvel (MAR) destinado a apoiar os alunos no uso de fresas e máquinas de torno em um laboratório de fabricação de uma universidade. O sistema incorpora modelos 3D de máquinas e ferramentas, instruções em texto, animações e vídeos com processos reais para enriquecer as informações obtido do mundo real.

Yazmin S. Villegas-Hernandez Federico Guedea-Elizalde	2016	<i>Marker's position estimation under uncontrolled environment for augmented reality</i>	Neste trabalho, é proposto um método para estimar a posição de um objeto semi-controlado em ambiente onde as condições de iluminação mudam dinamicamente. Este método incorpora uma análise de regressão que combina medição de luz e realidade aumentada (AR)
A.W.W.Yew, S.K.Ong, A.Y.C.Nee	2015	<i>Towards a griddable distributed manufacturing system with augmented reality interfaces</i>	Este documento descreve um quadro para integração de fabricação de computadores com base em ambientes de realidade aumentada, com uma rede de objetos que produzem recursos de fabricação inteligentes e fáceis de interagir e conectá-los à internet, e ainda efetivamente coloca-os em um MGrid.
X. Wang, S. K. Ong, A. Y. C. Nee	2015	<i>A comprehensive survey of augmented reality assembly research</i>	Este artigo tem como objetivo fornecer uma visão geral concisa dos recursos técnicos, características e ampla gama de aplicações de sistemas de montagem baseados em Realidade Aumentada publicados entre 1990 e 2015.
Y. S. Pai, Hwa J. Yap, R. Singh	2015	<i>Augmented reality-based programming, planning and simulation of a robotic work cell</i>	Neste artigo, é apresentado o desenvolvimento de uma célula robótica de trabalho baseada em realidade aumentada, consistindo em um braço mecânico de robô, uma correia transportadora, um pallet e uma máquina de controle numérico por computador, que simula um ambiente de uma fábrica.

Fonte: Os autores (2020)

Como apresentado na tabela de síntese dos artigos selecionados acima, a realidade aumentada pode ser utilizada de várias formas e pode contribuir de diferentes maneiras para as operações na manufatura. Pai, Yap e Singh (2015) afirmam que a RA é uma tecnologia capaz de misturar objetos virtuais tridimensionais (3D) ao mundo real de forma integrada, a fim de visualizar o modelo D-H do robô e observar sua interação com o ambiente. Dessa forma, há diferentes utilidades para esta tecnologia, uma vez que a mesma pode ser aplicadas em vários setores e não somente na indústria manufatureira, esta tecnologia tem sido utilizada até mesmo pela área da saúde.

5. Conclusão

Como pode se observar através da síntese do quadro 1, a RA pode ser empregada em diversas áreas e com diferentes utilidades, entretanto, para que esta tecnologia seja utilizada, deve-se haver um investimento por parte da empresa em hardware e softwares, bem como, a capacitação dos profissionais que utilizarão esta tecnologia. Tendo em vista a grande variedade nas utilizações da RA, esta tecnologia se torna uma ferramenta promissora, uma vez que as indústrias de manufatura estão se tornando cada vez mais digitais. É necessário que as empresas acompanhem a evolução das tecnologias da área de TI. A RA apresenta grandes benefícios como uma tecnologia que minimiza custos, auxilia nos processos de inspeção, manutenção, solução de problemas entre outras, bem como aumenta o nível de segurança dos operadores.

Referências

- ARIANSYAH, D.; ROSA, F.; COLOMBO, G. Smart maintenance: A wearable augmented reality application integrated with CMMS to minimize unscheduled downtime. **Computer-Aided Design and Applications**, v. 17, n. 4, p. 740–751, 2020.
- AZUMA, R. et al. Recent advances in environmental biotechnology. **New Biotechnology**, v. 29, n. 1, p. 1, 2001.
- BEN ABDALLAH, H. et al. Automatic inspection of aeronautical mechanical assemblies by matching the 3D CAD model and real 2D images. **Journal of Imaging**, v. 5, n. 10, 2019.
- CALVO, I. et al. Towards a methodology to build virtual reality manufacturing systems based on free open software technologies. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing**, v. 11, n. 3, p. 569–580, 2017.
- DAMIANI, L. et al. Augmented and virtual reality applications in industrial systems: A qualitative review towards the industry 4.0 era. **IFAC-PapersOnLine**, v. 51, n. 11, p. 624–630, 2018.
- DE PACE, F. et al. A comparison between two different approaches for a collaborative mixed-virtual environment in industrial maintenance. **Frontiers Robotics AI**, v. 6, n. MAR, p. 1–14, 2019.
- DENYER, D.; TRANFIELD, D. Producing a Systematic Review. In: **The Sage Handbook of Organizational Research Methods**. London: [s.n.].
- GABAJOVÁ, G. et al. Virtual training application by Use of augmented and virtual reality under university technology enhanced learning in Slovakia. **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n. 23, 2019.
- KIM, H. C. A study on bus safety operation system applying IoT technology. **International Journal of Engineering and Technology(UAE)**, v. 7, n. 2, p. 175–178, 2018.
- KOKKAS, A.; VOSNIAKOS, G. C. An Augmented Reality approach to factory layout design embedding operation simulation. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing**, v. 13, n. 3, p. 1061–1071, 2019.
- LAI, Z. H. et al. Smart augmented reality instructional system for mechanical assembly towards worker-centered intelligent manufacturing. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 55, n. February, p. 69–81, 2020.
- LONGO, F.; NICOLETTI, L.; PADOVANO, A. Ubiquitous knowledge empowers the Smart Factory: The impacts of a Service-oriented Digital Twin on enterprises' performance.

Annual Reviews in Control, v. 47, p. 221–236, 2019.

MASOOD, T.; EGGER, J. Adopting augmented reality in the age of industrial digitalisation. **Computers in Industry**, v. 115, p. 103112, 2020.

MAWSON, V. J.; HUGHES, B. R. The development of modelling tools to improve energy efficiency in manufacturing processes and systems. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 51, p. 95–105, 2019.

MONROY REYES, A. et al. A mobile augmented reality system to support machinery operations in scholar environments. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 24, n. 6, p. 967–981, 2016.

ONG, S. K.; WANG, X.; NEE, A. Y. C. 3D bare-hand interactions enabling ubiquitous interactions with smart objects. **Advances in Manufacturing**, v. 8, n. 2, p. 133–143, 2020.

PAI, Y. S.; YAP, H. J.; SINGH, R. Augmented reality-based programming, planning and simulation of a robotic work cell. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture**, v. 229, n. 6, p. 1029–1045, 2015.

PALMARINI, R. et al. A systematic review of augmented reality applications in maintenance. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 49, p. 215–228, 2018.

RAGNI, M. et al. ARTool Zero: Programming trajectory of touching probes using augmented reality. **Computers and Industrial Engineering**, v. 124, n. July, p. 462–473, 2018.

RUNJI, J. M.; LIN, C. Y. Markerless cooperative augmented reality-based smart manufacturing double-check system: Case of safe PCBA inspection following automatic optical inspection. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 64, n. February, p. 101957, 2020.

SAFI, M.; CHUNG, J.; PRADHAN, P. Review of augmented reality in aerospace industry. **Aircraft Engineering and Aerospace Technology**, v. 91, n. 9, p. 1187–1194, 2019.

SREEKANTA, M. H.; SARODE, A.; GEORGE, K. Error Detection using Augmented Reality in the Subtractive Manufacturing Process. **2020 10th Annual Computing and Communication Workshop and Conference, CCWC 2020**, p. 592–597, 2020.

VAN LOPIK, K. et al. Developing augmented reality capabilities for industry 4.0 small enterprises: Lessons learnt from a content authoring case study. **Computers in Industry**, v. 117, p. 103208, 2020.

VILLANI, V. et al. Survey on Human-Robot Interaction for Robot Programming in Industrial Applications. **IFAC-PapersOnLine**, v. 51, n. 11, p. 66–71, 2018.

VILLEGAS-HERNANDEZ, Y. S.; GUEDEA-ELIZALDE, F. Marker's position estimation under uncontrolled environment for augmented reality. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing**, v. 11, n. 3, p. 727–735, 2017.

WANG, P. et al. A comprehensive survey of AR/MR-based co-design in manufacturing. **Engineering with Computers**, n. 0123456789, 2019.

WANG, X.; ONG, S. K.; NEE, A. Y. C. A comprehensive survey of augmented reality assembly research. **Advances in Manufacturing**, v. 4, n. 1, 2016.

YEW, A. W. W.; ONG, S. K.; NEE, A. Y. C. Towards a griddable distributed manufacturing system with augmented reality interfaces. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 39, p. 43–55, 2016.