

REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

UTILIZAÇÃO DA REALIDADE AUMENTADA NA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

USE OF AUGMENTED REALITY IN INDUSTRIAL MAINTENCE

Lucas Gomes Gélio[1], Francisco Ignácio Giocondo César[2]

e2262
https://doi.org/10.47820/acertte.v2i2.62

RESUMO
A Realidade Aumentada (RA) é uma tecnologia que surgiu recentemente com a 4ª Revolução Industrial (4º. RI), ofertando diversas finalidades e utilidades no meio industrial. Quando é utilizada na manutenção de equipamentos, por exemplo, ela possibilita a utilização de imagens tridimensionais, realizando simulações que aproximam a relação homem-máquina. Com a utilização da capacidade de sobreposição de elementos virtuais, sobre elementos reais, a Realidade Aumentada proporciona uma abrangência de sua utilização, auxiliando na eficiência dos trabalhadores, possibilitando a redução no tempo da manutenção, facilitando a compreensão do funcionamento e do problema localizado no sistema. Este trabalho tem por objetivo realizar um estudo de como a Realidade Aumentada vem sendo empregada para dar suporte de sua utilização na manutenção industrial. A partir de um levantamento bibliográfico exploratório nas principais bases de dados, em trabalhos a partir de 2012, onde se buscou entender as principais aplicações da Realidade Aumentada no ambiente da manutenção industrial. A partir desse estudo, é esperado conhecer como a Realidade Aumentada está sendo utilizada na manutenção industrial, desta forma, explorando seus impactos nos ambientes de trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Manutenção. Simulação. Indústria 4.0. Realidade Aumentada

ABSTRACT
Augmented Reality (AR) is a technology that emerged recently with the 4th Industrial Revolution (4th IR), it has several purposes and utilities in the industrial environment. When used in equipment maintenance, for example, it enables the use of three-dimensional images, performing simulations that approximate the man-machine relationship. With the use of the ability to superimpose virtual elements over real elements, AR provides a range of use, helping workers' efficiency, enabling a reduction in maintenance time, facilitating the understanding of the operation and the problem located in the system. This work aims to carry out a study of how Augmented Reality has been used to support its use in industrial maintenance. From an exploratory bibliographic survey, in the main databases, in works from 2012, where we will seek to understand the main applications of AR in the industrial maintenance environment. From this study, it is expected to know how Augmented Reality is being used in industrial maintenance, thus exploring its impacts on work environments.

KEYWORDS: *Maintenance. Simulation. Industry 4.0. Augmented Reality*

1 INTRODUÇÃO

Com este novo ambiente da 4º. Revolução Industrial (RI), a indústria está passando por diversos tipos de transformações que proporcionam o desenvolvimento, a impulsão, viabilização, facilitação, modificação e traz consigo diversas melhorias e novidades tecnológicas a uma velocidade

[1] IFSP - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Campus Piracicaba.
[2] Engenheiro Mecânico (UNESP) com Mestrado e Doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP. Possui os seguintes cursos complementares: Industry 4.0: How to Revolutionize your Business – Hong Kong Polytechnic University (2019-2020); Curso de Gestão de Inovação – USP / VEDURA (1º. Sem. 2018); Especialização em Melhoria Contínua (5S, Kaizen, Lean) no Japão - Nagoya



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

extremamente alta, provocando alterações profundas na sociedade, na economia, inovação tecnológica, informação, serviços e no meio ambiente (COELHO, 2016).

Uma das tecnologias que surgiram foi a Realidade Aumentada (RA), que é capaz de alterar a realidade da qual vemos, realizando a sobreposição de objetos e ambientes virtuais, sobre o ambiente físico, simulando elementos que não são palpáveis no mundo real, possibilitando diversas situações para aquele que a utiliza (MESQUITA; MOREIRA, 2018). E de acordo com Gaspari *et al.,* (2013) “Atualmente, com o auxílio da Realidade Aumentada é possível que um profissional consiga realizar uma montagem e/ou manutenção em um equipamento complexo apenas seguindo as instruções apresentadas pelo ambiente aumentado”. Isso nos leva a refletir que, a utilização da RA possibilita que um profissional atuante na área de operações, possa vir desenvolver uma grande quantidade de atividades, as quais até então ele não tinha habilidade, demonstrando a importância da utilização de tal tecnologia no ramo da manutenção industrial.

Com a 4ª RI e as novas tecnologias que vêm surgindo dia após dia, o mercado necessita que as máquinas continuem a todo vapor para que consiga prosseguir com desenvolvimento e progresso industrial, como pontua Orives (2019): “os desafios da área de manutenção tornaram-se mais complexos, mas continuam sendo os mesmos: reduzir o tempo de equipamento parado, reduzir a mão-de-obra, reduzir os custos de peças de reposição em estoque, aumentar a utilização do ativo”. Fazendo com que haja cada vez mais a necessidade da integração de programas que auxiliem e facilitem em todo o sistema de manutenção de um equipamento. A RA faz essa proximidade do homem com a máquina, solucionando falhas em tempos mais curtos, servindo de suporte técnico para aqueles que não possuem uma ampla formação sobre o assunto, ou até mesmo para a resolução de situações que levariam longos prazos, demandariam a necessidade de técnicos, aumentando o valor do conserto.

Nos dias atuais, alguns dos principais problemas que mais afetam as indústrias na realização da manutenção, de acordo com Orives (2019), são: “A dificuldade de acesso, o alto custo das visitas técnicas e o longo tempo necessário para a formação de um profissional local com o conhecimento necessário”. Esse trecho demonstra que, atualmente, as indústrias com sistemas e maquinários diferentes necessitam de manutenções apropriadas e que muitas das vezes a RA pode facilitar no conserto, realizando e facilitando o acesso dos funcionários às informações necessárias para efetivar manutenções com uma maior segurança, por ter a possibilidade de visualizar, no ambiente da RA, toda a situação e as possíveis alterações que devem ser feitas para que o sistema volte ao seu funcionamento normal.

Esta forma, esse trabalho tem por objetivo realizar um estudo de como a RA vem sendo empregada para dar suporte de sua utilização na manutenção industrial, através de uma pesquisa bibliográfica exploratória, identificando a sua vantagem na utilização. Tal estudo também irá explorar as transformações ocorridas nos ambientes industriais, com relação à segurança no trabalho e a proximidade homem-máquina. O presente artigo está estruturado em cinco partes: A primeira parte corresponde à Introdução, do qual apresentamos os principais conceitos sobre o assunto. Em



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

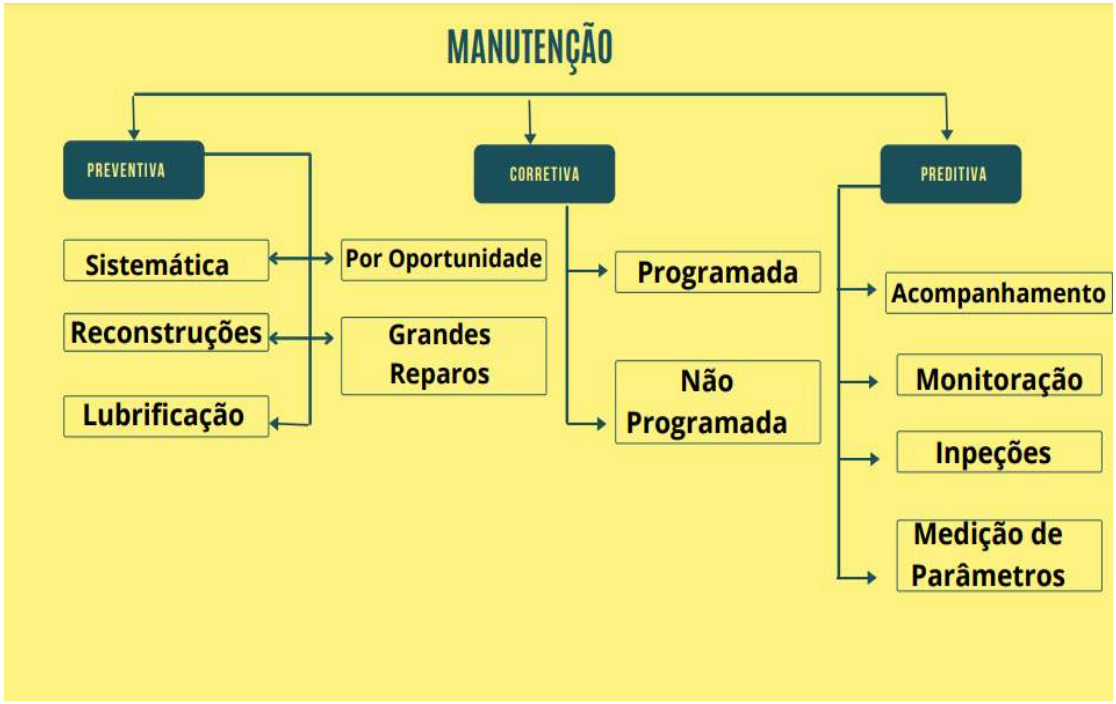
seguida o capítulo dois, onde serão abordados os principais conceitos aqui tratados. Para a terceira seção, temos uma descrição do método e da metodologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho. No quarto capítulo são desenvolvidas as pesquisas onde será abordado o estudo da relação entre manutenção e RA. A análise dos resultados ocorre na quinta seção e por fim, no sexto e último capítulo, são realizadas as considerações finais do estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Manutenção

De acordo com a definição do dicionário Michaelis (2021), manutenção possui o significado de: “Ato de conservar ou de fazer durar algo em bom estado, preservação”, outro significado do mesmo é: “Cuidado periódico para a boa conservação de máquina, equipamento, ferramenta, etc.”. A definição no dicionário faz uma breve demonstração sobre um conhecimento geral acerca do assunto, o qual é possível realizar a sua divisão em três principais tipos: **Manutenção corretiva**, **Manutenção preventiva** e **Manutenção preditiva**. As principais famílias da manutenção e suas particularidades são mostradas na figura (1) abaixo.

Figura 1: Classificação da Manutenção



Fonte: Adaptação de Baran (2013)



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

2.1.1 Manutenção corretiva

Para Almeida (2018) “Manutenção corretiva é um conjunto de procedimentos que são executados com a finalidade de atender imediatamente a produção, a máquina ou o equipamento que parou”. Este tipo de manutenção ainda pode ser separado em dois principais grupos onde, a manutenção corretiva não planejada é de acordo com Pinto e Xavier (1999) *apud* Baran (2013) “atuação da manutenção em fato já ocorrido, seja este uma falha ou um desempenho inferior ao esperado”. O segundo grupo, correção corretiva planejada, ocorre quando a correção é feita de uma maneira a não consertar completamente, ou ainda com um desempenho menor, acontecendo por decisões gerenciais, costumeiramente pela atuação do sistema em modo preditivo ou pela decisão prévia de operar até que ocorresse a quebra (BARAN, 2013).

2.1.2 Manutenção preventiva

A norma NBR 5462 da ABNT (1994), define como: “Manutenção preventiva, a manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item”. Fica evidenciado que este tipo de manutenção tem por objetivo evitar a falha do equipamento, sendo realizado em sistemas que ainda não estão demonstrando falhas ou problemas que impeçam a operação das mesmas pelos funcionários, estando no mínimo de suas condições.

2.1.3 Manutenção preditiva

De acordo com Teles (2020): “A manutenção preditiva, é um método aplicado na área de manutenção com a finalidade de indicar as condições reais de funcionamento das máquinas, com base em dados que informam o seu desgaste ou processo de degradação”. Esse tipo de manutenção permite o acompanhamento do equipamento e enquanto está em pleno funcionamento, é possível a coleta de dados que predizem a falha e percebem o desgaste do sistema.

2.2 Simulação

Para Abreu *et al.* (2018) “A simulação é uma técnica que utiliza a modelagem baseada em um sistema computacional para criar um programa, que representa o todo ou uma parte de um processo, permitindo a análise prévia de todas as etapas”. Ela facilita a visualização de erros, o manejo de materiais antes de sua utilização prática, viabiliza a diminuição de tempo em projetos complexos e o seu custo-benefício é atraente para as empresas que utilizam de simulações em seus sistemas, projetos e equipamentos a partir do âmbito virtual. Os autores, Barbas e Bica (2013) complementam, quando elucidam em seu trabalho, que pelo fato da RA sobrepor os dados virtuais ao mundo real, formas visuais e interativas são demonstradas através da simulação de processos dinâmicos.



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

2.3 Indústria 4.0

É possível dividir a evolução tecnológica e de produção a partir de quatro períodos históricos, sendo eles, a Primeira Revolução Industrial, que teve seu início nos meados século XVIII, onde os teares mecânicos, até então impulsionados pelos moinhos de água ou pela força humana, passaram a ser conduzidos por motores a vapor, ocasionando a centralização do processo de produção em fábricas. A Segunda Revolução Industrial teve seu início nos meados do século XIX, tendo como principais características a utilização da energia elétrica na linha de produção e construção desenvolvida pela Ford, além da exploração do petróleo e de seus subprodutos, desenvolvendo assim a química. Por fim, a Terceira Revolução Industrial que ocorreu no século XX, mais precisamente na primeira metade da década de 1970, e teve como uma de suas principais tecnologia, o primeiro controlador lógico programável (CLP), que permitia o manejo e programação de sistemas digitais (PEREIRA; SIMONETTO, 2018).

Após as revoluções industriais anteriores, a 4º. RI teve seu início no século XXI, mais precisamente em 2011, que para Coelho e Silva (2016) “com o desenvolvimento da internet, sensores cada vez menores e potentes, com preços cada vez mais acessíveis, software e *hardware* cada vez mais sofisticado, a capacidade das máquinas aprenderem e colaborarem criando gigantescas redes de “coisas”, e tendo como principal efeito a disponibilização das informações em tempo real. A figura (2) abaixo mostra a evolução histórica de cada uma das revoluções industriais.

Figura 2: Evolução Histórica das Revoluções Industriais.

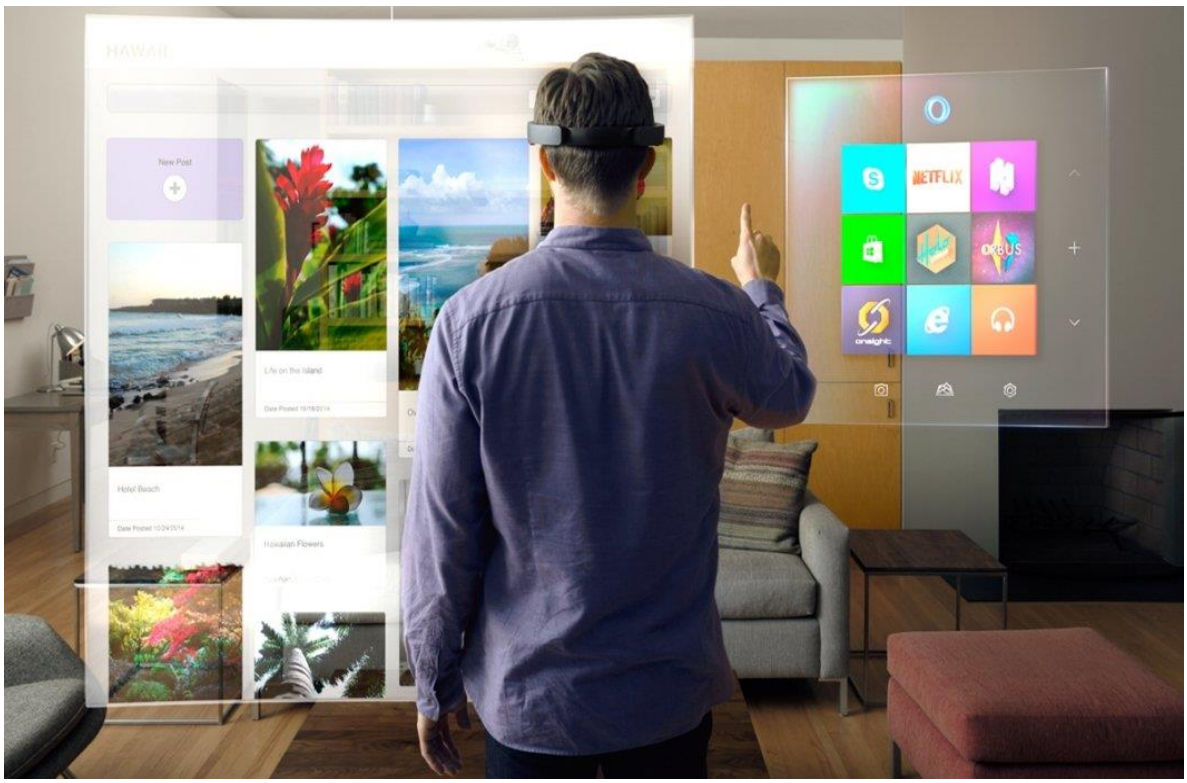


Fonte: Menezes (2016)

2.3 Realidade Aumentada

Na visão de Silva (2021) a realidade aumentada “é uma experiência interativa que realiza a sobreposição de elementos virtuais sobre o mundo físico, através de meios digitais”. Por realizar a sobreposição de informações virtuais, sendo imagens dinâmicas, sons espaciais e sensações hápticas, com o ambiente físico, o usuário interage com elementos virtuais de maneira natural e intuitiva, não havendo a necessidade de adaptação ou treinamento. Atualmente, é utilizado de recursos tecnológicos invisíveis aos usuários, deixando-os livres em seu ambiente, rastreamento ótico, projeções, interações multimodais, simulações etc., são exemplos de recursos da realidade aumentada, que aproximam o relacionamento homem-máquina (MACHADO, 2011). Na figura (3), é demonstrado algumas das aplicações e utilizações da RA.

Figura 3: Utilização da Realidade Aumentada



Fonte: Prado (2016)

Quando ocorre a utilização de modelos 3D, com dimensões e texturas semelhantes aos objetos reais, os usuários sentem-se mais próximos e confortáveis ao utilizar de tal tecnologia, ele acaba por reconhecer de maneira fácil objetos conhecidos do qual possa possuir certa afinidade, assim como, objetos dos quais ele não conhece. Com esse parâmetro é possível utilizar na montagem e na manutenção de equipamentos, pois uma vez que o usuário identifica o objeto virtual referenciado, ele poderá perceber o seu paralelo real, podendo ser utilizada em áreas como

arquitetura, design, entretenimento, educação, construção, manutenção, simulação, entre outras (GASPARI *et al*., 2013).

3 MÉTODO & METODOLOGIA

A partir da coleta de dados através das principais bases, foi realizado um estudo bibliográfico exploratório, com o objetivo de estudar e conhecer o estado da arte acerca do tema retratado. Sua abordagem foi uma pesquisa qualitativa, pois o estudo não necessitou do uso de números e valores estatísticos, mas sim da busca de fontes para coletas de dados, onde aquele que pesquisa é instrumento chave para tal. Foi uma pesquisa exploratória que buscou a familiaridade com o tema, além de envolver o levantamento bibliográfico em forma de pesquisa bibliográfica e documental.

4 PESQUISA

Com o surgimento dos novos conceitos da Indústria 4.0, a sociedade viu transformações e avanços tecnológicos, desde processos complexos a processos mais simples, em uma velocidade maior do que em comparação com as outras revoluções (SCHWAB, 2016). Fato este que não é diferente com a realidade aumentada, ela teve seu surgimento nos anos de 1960, com Ivan Sutherland, que em seu artigo, apresentou as bases da RA, sua possível evolução e reflexos na população, além de desenvolver um capacete de visão ótica direta rastreada, que tinha a função de fazer a visualização de objetos 3D sobrepostos no ambiente real (SUTHERLAND, 1965). Porém, de acordo com o trabalho de Machado (2011) “Só na década de 1980 é que surgiu o primeiro projeto de realidade aumentada, desenvolvido pela Força Aérea Americana, consistindo em um simulador de *cockpit* de avião, com visão ótica direta”.

De acordo com Gomes *et al.* (2021) “Apenas o manual de instruções pode não ser suficiente para a sua montagem e configuração, pois é preciso um especialista para montá-lo, colocá-lo em funcionamento e efetuar as futuras manutenções, inclusive as que possuem baixa complexidade”. Para que haja a instalação rápida e precisa de máquinas e sistemas, a empresa corre o risco de atrasos, erros, perda da produção e o gasto com a contratação do serviço do especialista, tais situações podem ser evitadas com a utilização da Realidade Aumentada, que auxilia em diversas situações e pode ser empregada em diversos ambientes, é possível destacar algumas dessas áreas, do qual se utiliza atualmente das capacidades e possibilidades que a RA proporciona a partir do quadro (1) representada abaixo.



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

Quadro 1: Principais locais de utilização da Realidade Aumentada

Treinamento e apoio a tarefas complexas, como manutenção de máquinas, assistência em treinamento de manutenção e visualização de elementos escondidos.
Visualização de elementos construtivos, objetos ocultos, sinalização de ambientes e outras tarefas relativas à inserção de informações complementares em ambientes reais que possam auxiliar, por exemplo, a engenharia e a arquitetura.
Prospecção e mapeamento de dados por estimativa em ambientes reais.
Visualização de dados, de forma a permitir aprimoramento da interação e da análise dos mesmos.
Simulação.
Conferência com participantes remotos.
Entretenimento, como jogos apoiados por computador.
Arqueologia, provendo condições de visualização das condições de elementos danificados ou incompletos em condições relacionadas com educação.
Educação, possibilitando a inserção de informações complementares e/ou relevantes ao cenário real.

Fonte: adaptação de Cardoso *et al.,* (2007)

A utilização da Realidade Aumentada na Manutenção e Montagem Industrial (IMA) ocorre, por exemplo, quando um usuário em treinamento está interagindo com a máquina real, utilizando de aparatos tecnológicos como computadores, *notebooks*, celulares e *tablets*, que ficam presos em suportes móveis, permitindo que aquele que está sendo treinado, possua as duas mãos livres para manusear fisicamente o maquinário, sendo assim, capaz de realizar a manutenção necessária nas peças demonstradas nas imagens, exemplo do plano virtual (GAVISH *et al*., 2011).

Na figura 4, é possível notar a utilização da IMA-AR no treinamento de pessoas para a manutenção de equipamentos. A interação entre homem-máquina está ocorrendo simultaneamente no meio real e virtual, sendo possível a obtenção de dados a partir do ambiente virtual, utilizando de sensores da própria RA e pelo *feedback* do próprio colaborador que os envia a partir do bracelete de vibração tátil, além de servir também como um alerta caso algo esteja sendo efetuado de maneira incorreta (GAVISH *et al.,* 2011).

Figura 4: Treinamento utilizando de IMA-AR

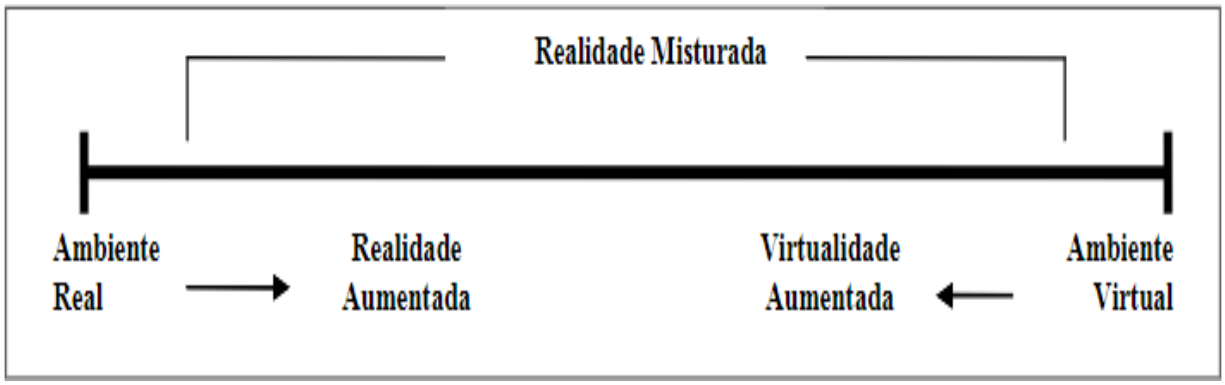


Fonte: Gavish *et al.* (2011)

Para a área da manutenção, o conserto do maquinário é realizado costumeiramente por peritos e técnicos, resultando no custeio de seus serviços para as empresas e indústrias que os contratam, mas com a utilização da Realidade Aumentada, é possível a realização da tal manutenção, por exemplo, para aqueles colaboradores que não possuem uma especialização ou conhecimento aprofundado sobre o sistema, algo que é evidenciado no trecho de Baumgarten (2019) “Quando uma máquina começa a falhar, por exemplo, ou mesmo na manutenção preventiva, o técnico pode consultar manuais, tutoriais e instruções em tempo real, sem utilizar as mãos, durante a manutenção”. Quando os colaboradores entram em contato com tal apetrecho, ocorre uma familiaridade e fácil assimilação quando há um ambiente interativo, bem exemplificado, utilizando de aplicações simples, dando a eles um acesso claro e acessível (ORIVES, 2019)

Diversos pesquisadores tentam fazer diferenciações entre a proporção do real e virtual, com o objetivo de classificar e nomear os ambientes com relação ao comportamento do corpo em experiências cognitivas, entre o território físico e virtual. O *continuum* da virtualidade dá-se pelo potencial do digital se incrustar no físico, derivando assim, entre Realidade Aumentada (RA), Realidade Virtual (RV), Realidade Misturada (RM), Realidade Diminuída (RD), sendo *online* ou mesmo de caráter *off-line* (DOMINGUES; VENTURELLI, 2007). A correlação de Realidade Misturada dada entre cada uma das outras realidades do *continuum* da virtualidade é mostrada a partir da figura (5) abaixo.

Figura 5: *Continuum* de Virtualidade



Fonte: Brega *et al.* (2010)

A Realidade Aumentada é a interseção entre o ambiente real e o ambiente virtual, ou seja, é uma particularização da Realidade Misturada, produzindo um único ambiente de sobreposição entre as realidades, do qual o usuário está e da realidade virtual utilizada. Este fato fica evidenciado a partir dos diferentes tipos de sistemas de visão da Realidade Aumentada disponíveis atualmente no mercado (OLIVEIRA, 2009). Exemplos dos diferentes tipos são apresentados no quadro (2) abaixo, que demonstra quatro sistemas, quais equipamentos auxiliares utilizam e como são utilizados.



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

Quadro 2: Tipos de Realidade Aumentada

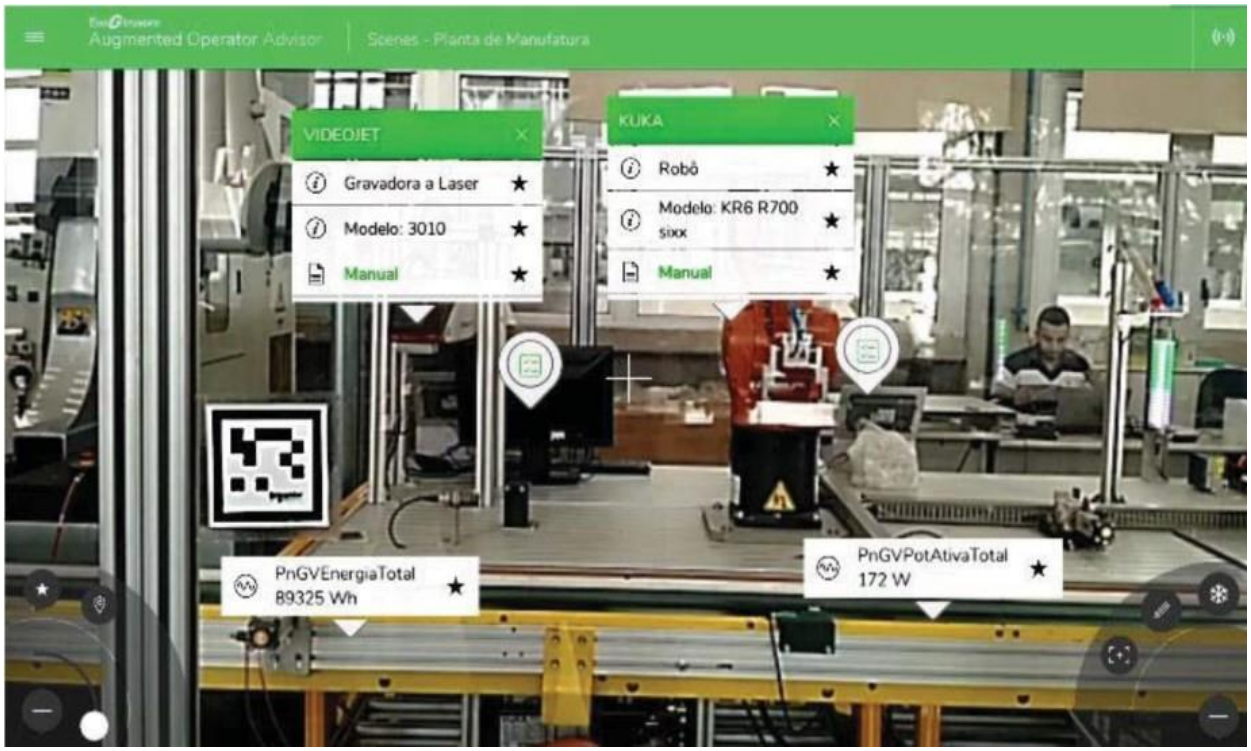
Sistema de visão ótica direta	Utiliza equipamentos como óculos e capacetes com lentes, que permitem o recebimento das imagens virtuais ajustadas ao ambiente real, projetando a combinação de ambas, diretamente aos olhos do usuário.
Sistema de visão direta por vídeo	Também através de capacetes, porém com microcâmeras acopladas que permitem misturar os ambientes reais e virtuais e apresentá-los diretamente aos olhos do usuário pelo monitor montado no próprio capacete.
Sistema de visão baseado em monitor	Utiliza uma *webcam* para capturar a cena real. Após esta captura, a imagem é gerada através de programas, misturada com objetos da realidade virtual e apresentada, para o usuário, na tela de seu monitor.
Sistema de visão ótica por projeção	Utiliza superfícies do ambiente real, onde são projetadas imagens holográficas tridimensionais dos objetos virtuais, cujo conjunto é apresentado ao usuário que o visualiza sem a necessidade de nenhum equipamento auxiliar.

Fonte: Adaptação de Oliveira (2009)

Na manutenção corretiva, a RA, dentre suas várias funcionalidades, trata-se de um aparato auxiliar, do qual demonstra a partir de sistemas e equipamentos, o ambiente virtual sobreposto ao real, este fato viabiliza atualmente a montagem e/ou manutenção de máquinas e sistemas apenas seguindo as instruções demonstradas pelo sistema, não sendo necessário formação ou conhecimento prévio do colaborador, removendo a necessidade de contratação de técnicos para resolução de problemas manufaturais, não muito complexos e de baixo grau de periculosidade, fato este que corrobora na diminuição de gastos de tempo e econômicos, sendo, os possíveis problemas, apresentados de maneira de fácil compreensão e como eles podem ser resolvidos (GASPARI *et al.,* 2013). No trabalho de Brega *et al* (2010) é dado um exemplo prático da situação da qual a realidade aumentada atua: “Por exemplo, é possível destacar as partes do *hardware* que deverão ser removidas para a realização do reparo e, então, a visão interna da máquina pode destacar as placas que deverão ser trocadas”.

Dentre suas funcionalidades, a RA possibilita o acesso às informações de consumo da linha de produção em tempo real para os colaboradores, demonstrando valores, gráficos e dados. Algo que viabiliza uma melhor gestão, trazendo o auxílio nas tomadas de decisões durante as manutenções realizadas, resultando também no aumento de produtividade a partir de uma tecnologia que cabe na palma da mão, sendo os *smartphones* e *tablets*, ou então por óculos e capacetes, que realizam as operações em modelos sem a utilização de papéis demonstrando para os funcionários sobreposições virtuais sobre o real, de fácil compreensão. Na figura (4) abaixo, é mostrado o exemplo de como ocorre à visualização do sistema, que representa o manual da máquina em tempo real – folha/tela de informações da máquina para o usuário (AMICI *et al*., 2021).

Figura 6: Acesso à folha/tela de informações da máquina



Fonte: Amici *et al.* (2018) citado por Amici *et al.* (2021)

A Realidade Aumentada na manutenção de maquinários complexos, para Jesus e Silva (2009) “Torna-se mais simples montar máquinas, como por exemplo, turbinas ou tuneladoras quando, em vez de se olhar para manuais com texto e esquemas, se tem disponível imagens 3D sobrepostas ao próprio equipamento, mostrando passo a passo as tarefas a ser completadas e como o conseguir”.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A Realidade Aumentada, assim como os outros pilares da Revolução Industrial 4.0, está passando por grande ampliação no mercado, investimento, desenvolvimento tecnológico e pesquisas que acabam por fomentar e criar ainda mais a necessidade das indústrias acompanharem as novidades da atualidade, para que não percam ou diminuam sua competitividade de mercado, pois em um período onde o objetivo é fazer mais com menos, as simulações proporcionadas pela RA acabam sendo uma grande aliada na diminuição de custos, na antecipação de problemas, a previsão de tempo médio da realização da atividade realizada, visualização de possíveis processos a serem implantados, modificados ou corrigidos e por fim impactar de maneira prolífera na produtividade industrial, seja pela rápida manutenção com baixo custo, seja pela capacitação em pouco tempo com a utilização deste aparato tecnológico. (ABREU *et al.,* 2018).

Como viu-se, a RA, de acordo com Marques *et al*., (2018), é capaz de "executar tarefas de manutenção utilizando: manuais, esquemas, especificações, realce de componentes, instruções passo a passo, ferramentas e medidas de segurança necessárias". Mas não apenas isso, ela possibilita uma extensa gama de soluções rápidas, práticas e até mesmo baratas após sua implantação. A figura (7) abaixo demonstra a utilização da RA na instalação e manutenção de máquinas, demonstrando aos colaborados instruções de como realizar facilmente todo o processo.

Figura 7: Reparação de uma válvula



Fonte: TCA *Innovation Experts* (2017)



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

Ainda no trabalho de Marques *et al.,* (2018), é apresentado uma aplicação para o suporte da manutenção em áreas específicas da caldeira, sendo necessário apenas um celular e para informações mais detalhadas, o uso de *tablets*. Outro exemplo de aplicação da RA na manutenção é o sistema de Gomes *et al.,* (2021), que é utilizado para o auxílio no ensino e treinamento de pessoas, tendo como objetivo a execução de montagens e manutenção de equipamentos com a utilização de celulares ou *tablets*, permitindo uma orientação à distância de pessoas que não necessariamente são técnicos ou peritos sobre o assunto, até mesmo em momentos de pandemia do COVID-19.

Apesar do nítido interesse do desenvolvimento e pesquisas acerca do tema, ainda existem desafios a serem superados para uma maior utilização da Realidade Aumentada na manutenção industrial, possuindo, por exemplo, um aprimoramento de tempo de respostas às situações adversas, de simulações, confecções de modelos e moldes, barateamento do custeio da aquisição do sistema e dos dispositivos, melhoria na qualidade gráfica de objetos virtuais sobrepostos aos reais, viabilizando uma composição de cena de melhor compreensão aos colabores das indústrias e por fim, no aprimoramento do modo interativo com o usuário a partir da interface multi-interativa, através de imagens, gestos e vozes por dispositivos móveis. Tais avanços tecnológicos ocasionarão resultados positivos nas universidades, em pesquisas científicas acerca do tema, nas interfaces e dispositivos para as áreas da saúde, entretenimento e manutenção (CARDOSO *et al*., 2007 *apud* BREGA, 2010).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No atual artigo é proposta a realização de um estudo de como a Realidade Aumentada está sendo utilizada na manutenção industrial, além de demonstrar seus impactos nos ambientes de trabalho das indústrias e da proximidade que é ocasionada, por sua utilização, entre o homem e a máquina. É visível no decorrer do trabalho, que a integração da RA na manutenção, possibilita o conserto de peças e máquinas por colaboradores das empresas que não necessariamente possuem conhecimento aprofundado do sistema, proporcionado à continuidade da produção, sem necessidade da contratação de técnicos, ou a interrupção dos sistemas industriais e trazendo assim, uma solução simples para problemas, que anteriormente, poderiam acarretar em situações de perda de capital.

A atual revolução que estamos passando, definitivamente está moldando o mundo, com a Indústria 4.0 diversas tecnologias estão sendo integradas para, entre outros objetivos, o melhoramento da produção, assim como para o barateamento do custeio de insumos e materiais, diminuições de tempo na produção e entrega do produto, além de buscar alternativas que corroboram com as chamadas “tecnologias verdes”. Com o atual trabalho é possível perceber que a utilização da Realidade Aumentada na manutenção industrial, acarreta na aproximação homem-máquina ocasionando na diminuição de determinados gastos, que se tornam obsoletos, pois a utilização de tal tecnologia auxilia na manutenção de máquinas e sistemas, realizados por colaboradores que não necessariamente possuem formação ou conhecimento aprofundado sobre o assunto, pelo fato de a RA possuir manuais de instrução que exemplificam passo a passo os esquemas e especificações de ferramentas, peças e equipamentos, com suas devidas medidas de

segurança, em de um aparato que realiza o realce de componentes virtuais sobrepostos à realidade física.

Vale citar que, assim como todas as outras novas tecnologias, a Realidade Aumentada possui alguns problemas já evidenciados, dos quais atrasam ou desaceleram na sua ampla utilização nas empresas e indústrias, principalmente pelo custeio de seus equipamentos e periféricos, que compõem todo o sistema. Por possuir a necessidade de uma maior responsividade e interatividade entre homem-máquina e uma melhoria gráfica da sobreposição virtual, a RA demanda de pesquisas que desenvolvam soluções e melhorias para tais paradigmas. Como proposta de solução para o problema, é necessário que mais projetos que exploram e utilizam de tal tecnologia sejam cada vez mais utilizados, pesquisados e investidos por empresas e indústrias, possibilitando assim, a criação de ambientes de realidade aumentada, com ambientes distintos e resoluções palpáveis, aumentado assim, sua aplicabilidade e utilização na manutenção industrial.

REFERÊNCIAS

ABREU, C. E. M.; FIGUEIREDO, L. M.; GONÇALVESA, G. A. S.; GONZAGA, D. R. B.; MATA, V. S.; NASCIMENTO, M. P.; OLIVEIRA, J. F.; OLIVEIRA, K. D. M.; OLIVEIRA, P. G.; OLIVEIRA, T. T.; SANTOS, F. J.; YOSHINAGA, S. T. S. Indústria 4.0: como as empresas estão utilizando a simulação para se preparar para o futuro. **Revista de Ciências Exatas e Tecnologia**, v. 12, n. 2, 2018. Disponível em: https://revista.pgsskroton.com/index.php/rcext/article/view/5444. Acesso em: 30 set. 2021.

ALMEIDA, P. S. **Manutenção Mecânica Industrial:** conceitos básicos e tecnologia aplicada. São Paulo: Saraiva, 2018. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=sLZiDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA5&dq=tipos+de+manuten%C3%A7%C3%A3o+industrial&ots=0XrhaXJpTp&sig=V0yBS4N9nXGcqMmLEmM0e6_vkT8#v=onepage&q=tipos%20de%20manuten%C3%A7%C3%A3o%20industrial&f=false. Acesso em: 01 out. 2021.

AMICI, T. T.; CAMPARA, E.; FERNANDES, C. L. M.; SANTOS, J. R. Realidade Aumentada Aplicada na Manutenção. **Revista Brasileira de Mecatrônica**, São Caetano do Sul - SP, v.4, n.1, p. 24-43, 2021. Disponível em: http://revistabrmecatronica.com.br/ojs/index.php/revistabrmecatronica/article/view/132. Acesso em: 29 out. 2021.

BARAN, L. R.; MARÇAL, R. F. M.; TROJAN, F. Classificação dos Tipos de Manutenção Pelo Método de Análise Multicritério *Electre Tri*. *In.:* **Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**. Natal/RN, 2013. Disponível em: http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2013/pdf/arq0338.pdf. Acesso em: 01 out. 2021.

BARBAS, M.; BICA, E. As Tecnologias de Informação e Comunicação e as Crianças e Jovens Com NEE- Partilha de Recursos. **Revista da UIIPS**, v. 1, n. 3, 2013. Disponível em: https://www-dev.ipsantarem.pt/wp-content/uploads/2013/07/Revista-da-UIIPS_N3_Vol1_2013_ISSN-2182-9608.pdf#page=40. Acesso em: 11 dez. 2021.

BAUMGARTEN, G. **Realidade Manutenção na Indústria:** o que está sendo feito?. Joinville: Pollux Part of Accenture, 2019 Disponível em: https://pollux.com.br/blog/realidade-aumentada-na-industria-o-que-esta-sendo-feito/. Acesso em: 01 nov. 2021.



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

BREGA, J. R. F.; RODELLO, I. A.; SANCHES, S. R. R.; SEMENTILLE, A. C. Realidade Misturada: Conceitos, Ferramentas e Aplicações. **Revista Brasileira de Comunicação Aplicada,** Passo Fundo, RS, v. 2, n. 2, p. 2-16, set. 2010. ISSN 2176-6649. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228801136_Realidade_Misturada_Conceitos_Ferramentas_e_Aplicacoes. Acesso em: 16 out. 2021.

CARDOSO, A.; LAMOUNIER JÚNIOR, E.; KIRNER, C.; KELNER, J. **Tecnologias e Ferramentas Para o Desenvolvimento de Sistemas de Realidade Virtual e Aumentada.** Recife: Editora Universitária UFPE, 2007. Disponível em: https://www.gprt.ufpe.br/grvm/wp-content/uploads/Publication/Books&Chapters/2007/TecnologiasEFerramentasParaODesenvolvimentoDeSistemasDeRealidadeVirtualeAumentada_TecnologiasParaODesenvolvimento.pdf. Acesso em: 26 out. 2021.

COELHO, P. M. N.; SILVA, C. **Rumo à Indústria 4.0.** 2016. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade de Coimbra – FCTUC, Coimbra, 2016. Disponível em: https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/36992. Acesso em: 24 set. 2021.

DAMAZIO, R.; GNECCO, B. B.; GUIMARÃES, M. P. Ferramentas Para Desenvolvimento de Realidade Virtual e Aumentada. *In.:* **IX Symposium on Virtual and Augmented Reality**. Cap. 6 p. 115, 2007. Disponível em: http://de.ufpb.br/~labteve/publi/2007_svrps.pdf#page=116. Acesso em: 18 out. 2021.

DOMINGUES, D.; VENTURELLI, S. Cibercomunicação cíbrida no *Continuum* Virtualidade Aumentada e Realidade Aumentada: Era Uma Vez... a Realidade. **ARS**, São Paulo, v. 5, n. 10, 2007. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ars/a/pCs3DHRYhbx8GJ3NcWnn77f/?stop=next&lang=pt&format=html. Acesso em: 15 out. 2021.

GASPARI, T.; SEMENTILLE, A. C.; MARAR, J. F. Sistema de Realidade Aumentada Para o Treinamento em Montagem e Manutenção de Equipamentos. *In.:* **II Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2013)**. Disponível em: http://br-ie.org/pub/index.php/wcbie/article/view/2714. Acesso em: 23 set. 2021.

GAVISH, N.; GUTIERREZ, T.; WEBEL, S.; RODRIGUEZ, J.; TECCHIA, F. Design Guidelines for the Development of Virtual Reality and Augmented Reality Training Systems for Maintenance and Assembly Tasks. **Bio Web of Conferences,** v. 1, p. 4, 2011. Disponível em: https://www.bio-conferences.org/articles/bioconf/abs/2011/01/bioconf_skills_00029/bioconf_skills_00029.html. Acesso em: 8 nov. 2021.

GOMES, C.; JUSTIMIANO, A. C.; MOTTA, E. S.; SEMENTILLE, A. C. Sistema de realidade aumentada para o ensina e treinamento de pessoas quanto a execução de serviços de montagem e manutenção de equipamentos. **Revista Iberoamericana de Tecnología em Educación y Educación em Tecnología,** n. 28, mar. 2021 Disponível em: https://teyet-revista.info.unlp.edu.ar/TEyET/article/view/1551/1255. Acesso em: 26 out. 2021.

JESUS, C.; SILVA, L. J. O. L. Potencialidades dos Serviços Móveis de Realidade Aumentada Aplicados ao Turismo. *In:* **Congresso da Federação Lusófona de Ciências da Comunicação**, 8.; 2009, Lisboa. anais... Lisboa, 2009, p. 2296-2314. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/32882794/PAC_33_2009-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1642359339&Signature=La3SW4CB0mKpNFQAshy1dEGsvVhhYzdkhP-KygHRkiL73MY3eYcOz6dmE5t3pIH~AhqujIryhw3Pfh0q8BO7V0Rm6dVt5oPsSo07e2nFusQkqwMMsS1AOz6jbgozfm~gwAg0j2a4BmtsiOefo2PXtXkGOyuUZ3dd8f10uO8p-FdTqZy6r0aAWs2Bx8h20J0-AZBFIIFQaaxEvRP9BI0PWpKmXGrZgs4BslClrVgC~v9mX7w3sHr9JFEYcdCzv-q8dxFroz8thDBZASaQKniLaOYxQKS76WEW19MIcxxvHZhm~hGkjpKYCLEcKIEeNz7CykQoh0STES~BRjUXS0DGgA__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 28 dez. 2021.



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

MACHADO, L. Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências. *In:* **XIII Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada**, Uberlândia – MG, 2011. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/33029714/2011_svrps-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1633572401&Signature=D8TL85BbKZPtCPbPT0CqpnEm~gFd-y484GhWda7LS1uF2W3wmtnByEXI4tIdn-k0T8jocjfX6AUm1OPj-9BDo9WqrCoUkZXEWNFWnCfAexrNuIohqNJC3ExU3CzA-oQBCE-3AveY8myMu9l3w8yLdteyM2A~4s-DWRsn8cY47h9YZGdznkWJ2nNCf8q9lrfazH2lHcSSQK1youl-JodoC8fQGxGgpUjlyhJYan8QwycoFBwvNbjvY-7NJpuzB0oqMtDIqRmKiH~ob8a2suWz-y8J0itQ5Tl4D3bY1V0rO9YsZh2kOsCUAI87LqyV5QfRGWX0jgEdGoQ2LoNTT2dyvA__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA#page=10. Acesso em: 05 out. 2021.

MARQUES, B.; ALVES, J.; ESTEVES, R.; DIAS, P.; FONSECA, E.; SANTOS, B. S. **Realidade Aumentada em Manutenção:** proposta de uma abordagem multi-dispositivo. Aveiro, PT: Universidade de Aveiro, Bosch Termotecnologia, 2018. Disponível em: http://sweet.ua.pt/paulo.dias/Papers/2018/INForum_AR_Manutencao.pdf. Acesso em: 26 out. 2021.

MENEZES, F. **A Linha do Tempo na Engenharia de Produção.** [*S. l.*]: LinkedIn, 2016. Disponível em: https://www.linkedin.com/pulse/linha-do-tempo-na-engenharia-de-produ%C3%A7%C3%A3o-felipe-morais-menezes. Acesso em: 18 dez. 2021.

MESQUITA, V. B.; MOREIRA, F. C. Indústria 4.0: Aplicação de Realidade Aumentada. *In.:* **Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia – XV SEGeT**, 2018. Disponível em: https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos18/15526168.pdf. Acesso em: 24 set. 2021.

MICHAELIS - Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa. **Manutenção**. São Paulo: Editora: Melhoramentos, 2021. Disponível em: https://michaelis.uol.com.br/busca?id=dNXZ4. Acesso em: 03 out. 2021.

OLIVEIRA, T. M. O Retorno do Olhar (e outros sentidos) para o corpo imerso em realidade aumentada. **C-legenda Revista do Programa de Pós-Graduação em Cinema e Audiovisual**, Dec. 2009 Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/277752562_O_retorno_do_olhar_e_outros_sentidos_para_o_corpo_imerso_em_Realidade_Aumentada. Acesso em: 15 out. 2021.

ORIVES, T. L. **Realidade Aumentada na Manutenção:** um processo de colaboração. 2019. Artigo (Especialista em Manufatura Avançada) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, São Leopoldo, 2019. Encontrado em: http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/9649/Tiago%20da%20Luz%20Orives_.pdf?sequence=1. Acesso em: 23 set. 2021.

PEREIRA, A.; SIMONETTO, E. O. Indústria 4.0: Conceitos e Perspectivas Para o Brasil. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 1, 2018. Disponível em: http://periodicos.unincor.br/index.php/revistaunincor/article/view/4938. Acesso em: 25 nov. 2021.

PRADO, J. **As mil e uma utilidades da realidade virtual e aumentada.** [*S. l.*]: Tecnoblog, 2016. Disponível em: https://tecnoblog.net/especiais/jean-prado/realidade-virtual-aumentada-aplicacao-diferenca-futuro/. Acesso em: 19 nov. 2021.

SCHWAB, K. **A Quarta Revolução Industrial.** São Paulo: Edipro, 2016. Disponível em: https://docero.com.br/doc/n8cxc18. Acesso em: 14 out. 2021.

SILVA, M. A. A. **Segurança no Trabalho na Indústria da Construção:** design de um dispositivo de realidade aumentada e realidade mista complementar a um equipamento de proteção individual – uma perspectiva para 2030. 2021. Dissertação (Mestrado em Design de Produto) - Escola Superior de Artes e Design – Matosinhos, 2021. Disponível em: https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/37354. Acesso em: 06 out. 2021.



REVISTA CIENTÍFICA ACERTTE
ISSN 2763-8928

SUTHERLAND, I. E. Sketchpad a Man-Machine Graphical Communication System. In: **Proceedings – Spring Joint Computer Conference**. Massachusetts Institute of Technology. Lincoln Laboratory, 1963. Disponível em: http://papers.cumincad.org/data/works/att/5680.content.pdf. Acesso em: 14 out. 2021.

TCA INNOVATION EXPERTS. Realidade Aumentada - Reparação de uma válvula. [*S. l.: S. n.*], 2017. 1 Video (1:31 min). Publicado pelo canal TCA Innovation Experts. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=0hVVGNuB5Pg. Acesso em: 16 dez. 2021.