



REVISÃO DE LITERATURA DOS PRINCIPAIS CONCEITOS E AVANÇOS TECNOLÓGICOS QUE CARACTERIZAM A INDÚSTRIA 4.0 PARA PRODUÇÃO INDUSTRIAL

LITERATURE REVIEW OF THE MAIN CONCEPTS AND TECHNOLOGICAL ADVANCES THAT CHARACTERIZE INDUSTRY 4.0 FOR INDUSTRIAL PRODUCTION

Misael Henrique da Silva^I
João Paulo Sachetto^{II}

RESUMO

O objetivo deste artigo é investigar os principais conceitos e tecnologias que caracterizam a Indústria 4.0, sob a perspectiva que o tema está incluso entre os assuntos considerados mais importantes para o avanço e melhoria dos ambientes industriais, sendo capaz de propiciar aumentos na qualidade, segurança e eficiência dos processos de produção de bens e serviços. Diante disso, é de suma importância conhecer os novos desenvolvimentos tecnológicos, suas respectivas funções e aplicações, pois são recursos essenciais para o presente e o futuro das organizações nos mais variados segmentos empresariais; portanto, resultados desejados como a otimização dos processos, aumento de produtividade, diferencial competitivo em relação aos concorrentes, entre outros considerados relevantes, poderão se tornar a nova realidade cotidiana das empresas e contribuir para uma gestão organizacional eficiente. A metodologia escolhida foi a revisão de literatura, apresentando-se relevantes perspectivas sobre o tema de acordo com a visão de diferentes autores. Como resultado o estudo proporciona uma visão das possíveis transformações nos meios físicos e digitais para os próximos anos, incluindo sua relevância com assuntos abordados para utilização no âmbito empresarial; e a conclusão, demonstrar a importância de se conhecer, compreender e buscar por adequações que possam colaborar para melhoria das atividades produtivas nas organizações, conforme o contexto da Indústria 4.0.

Palavras-chave: indústria 4.0; internet das coisas; manufatura; revolução industrial.

ABSTRACT

The objective of this article is to investigate the main concepts and technologies that characterize Industry 4.0, from the perspective that the topic is included among the subjects considered most important for the advancement and improvement of industrial environments, being capable of providing increases in quality, safety and efficiency of the production processes of goods and services. Given this, it is extremely important to know new technological developments, their respective functions and applications, as they are essential resources for the present and future of organizations in the most varied business segments; therefore, desired results such as process optimization, increased productivity, competitive advantage in relation to competitors, among others considered relevant, could become the

^I Estudante do curso superior de Tecnologia em Gestão da Industrial da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo (Fatec) de Sertãozinho – SP – Brasil. E-mail: misahenriq7@gmail.com

^{II} Prof. Me. João Paulo Sachetto da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo (Fatec) de Sertãozinho – SP – Brasil. E-mail: jp.sachetto@usp.br



new daily reality of companies and contribute to efficient organizational management. The chosen methodology was a literature review, presenting relevant perspectives on the topic according to the views of different authors. As a result, the study provides a vision of possible transformations in physical and digital media for the coming years, including their relevance to issues addressed for use in the business context; and the conclusion, demonstrating the importance of knowing, understanding and searching for adjustments that can help improve productive activities in organizations, according to the context of Industry 4.0.

Keywords: industry 4.0; internet of things; manufacturing; industrial revolution.

Data de submissão do artigo: 27/06/2024.

Data de aprovação do artigo: 12/09/2024.

DOI: 10.33635/sitefa.v7i1.287

1 INTRODUÇÃO

A Indústria 4.0, conhecida também como a quarta revolução industrial, é o conceito da criação de indústrias inteligentes e automatizadas com amplo sistema de tecnologias avançadas. Em outros termos, é a inserção da automação e a integração de tecnologias que podem potencializar e otimizar os resultados das organizações em seus setores industriais, de forma a digitalizar processos e atividades para o aumento da eficiência produtiva, qualidade e gerando muitos dados para que os processos continuamente sejam melhorados.

Para as empresas, representa um processo de transformação digital que acontece ao longo de implantações e utilizações de novas tecnologias, com inovações capazes de modificar a forma de fabricação e da distribuição de seus produtos.

Sendo assim, o objetivo proposto do artigo é o de investigar os principais conceitos e as tecnologias que caracterizam a Indústria 4.0, apresentando assuntos relevantes para o presente e o futuro das organizações nos mais variados segmentos empresariais, desde as categorias de indústria e comércio até a prestações de serviços. Com o passar dos tempos é natural muitas organizações buscarem se adequar e melhorar os seus processos produtivos, investindo e implantando as mais recém desenvolvidas tecnologias para obterem os melhores resultados em suas atividades, entretanto, é válido salientar em alguns casos que devido ao alto custo de muitas dessas tecnologias grande parte ainda não está acessível, porém em um futuro próximo essa situação pode mudar, para que assim as empresas interessadas consigam efetivar os investimentos necessários em tecnologias para manterem-se atualizadas e competitivas as suas respectivas concorrências conforme o seu ramo de atuação.

2 REVISÃO BILIOGRÁFICA

As subseções a seguir apresentarão a revisão pertinente a esse tema.

2.1 Contexto Histórico

As inovações tecnológicas são capazes de modificar e transformar a rotina da sociedade de inúmeras formas, de modo a gerar impactos e alterações nos seus hábitos, comportamentos, nas relações sociais e nos costumes de modo geral, e isso acontece em



virtude das novas tecnologias criadas para o uso cotidiano e que passaram a fazer parte da vida das pessoas. Sendo assim, os indivíduos e as organizações necessitam de se adaptar as mudanças ocorridas nas áreas sociais e nos seus mercados de atuação, para que consigam acompanhar os novos avanços tecnológicos e não sejam excluídos de seus respectivos ramos e os meios sociais no qual estão inseridos (Costa, 2002 *apud* De Carvalho; Tiosso; Reis, 2020).

Para uma melhor compreensão do contexto, conceitos e da evolução até Quarta Revolução Industrial, é necessário conhecer os períodos históricos anteriores e os principais marcos nesses momentos de grandes mudanças que a sociedade e as indústrias passaram, e nos quais tiveram de se adaptar.

2.1.1 Indústria 1.0

De acordo com Coelho (2016), no decorrer dos anos de 1760 e 1840 iniciou-se na Inglaterra a Primeira Revolução Industrial, mais conhecida também como a indústria 1.0. Esse momento ficou marcado na história da sociedade, pois foi introduzido a substituição de métodos manuais e artesanais pelo uso de máquinas e ferramentas; logo, esse período se caracterizou pela mecanização da produção e a aplicação de energia a vapor, tendo em consideração que antes do surgimento da indústria tudo era produzido de forma 100% manual.

Entre as principais invenções e novas tecnologias criadas na Primeira Revolução Industrial que se destacam estão: o tear mecânico, máquina a vapor rotativa de James Watt, fiadeira automática e a lançadeira (Hobsbawm, 1977 *apud* De Carvalho; Tiosso; Reis, 2020); e além dessas pode ser mencionado também o telégrafo, o eletroímã, produção de aço em massa, iluminação pública a gás e entre diversos outros mecanismos que contribuíram de forma muito significativa para os trabalhos manuais serem substituídos pela utilização de máquinas.

2.1.2 Indústria 2.0

Conforme Boettcher (2015), no ano de 1870 com o surgimento de novas demandas e sob o enfoque de inovações tecnológicas iniciou-se a Segunda Revolução Industrial, e o fator considerado como essencial para o desenvolvimento e crescimento das organizações nesse período, foi a utilização de novas tecnologias com as suas respectivas inovações técnicas e produtivas nos setores industriais, pois com esses novos métodos, processos, conceitos e ferramentas os proprietários das indústrias conseguiam alcançar melhores resultados em seus processos e em consequência aumentar cada vez mais as suas lucratividades.

Nessa fase houve diversas evoluções tecnológicas, onde a indústria passou a ter novas características através dos avanços nos meios de comunicação, a descoberta da eletricidade, a transformação do ferro em aço, das melhorias nos meios de transporte, desenvolvimentos dentro da indústria química, e em outros setores; levando em consideração que entre os principais objetivos estabelecidos pelos empresários através dos seus investimentos realizados eram a maximização dos seus lucros (Silva; Gasparin, 2013 *apud* Sakurai; Zuchi, 2018).

Segundo a Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (Firjan, 2016), esse novo período de industrialização ficou marcado como a era da produção industrial em massa, onde por intermédio dos avanços tecnológicos da época e dos princípios da linha de montagem ambos eram direcionados para confecção de produtos de consumo em massa.



Os principais nomes nesse período foram os de Ford e Taylor, que desenvolveram novas metodologias em uma sociedade capitalista com novas formas de produção em massa de bens de consumo, para deste modo, gerar lucros e garantindo o atendimento das demandas dos seus respectivos clientes (Silva; Gasparin, 2013 *apud* De Carvalho; Tiosso; Reis, 2020).

2.1.3 Indústria 3.0

Com a continuidade de investimentos realizados pelo homem para o desenvolvimento e melhoria dos processos das organizações, surgiu a Terceira Revolução Industrial. Iniciando na década de 1970, essa fase ficou marcada pela automatização dos processos industriais através da implantação de produtos eletrônicos, a utilização de computadores, internet e da robótica nas áreas de produções industriais (Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro - Firjan, 2016).

De acordo com Boettcher (2015), a Terceira Revolução Industrial foi conhecida também como a Revolução Técnico-Científica e Informacional, sendo marcada por novos avanços com inovações tecnológicas nas áreas de informática, telecomunicações, robótica, biotecnologia, nanotecnologia e química fina.

2.1.4 Indústria 4.0

Conforme Silveira (2016), o termo Indústria 4.0 foi mencionado pela primeira vez no ano de 2011 na Feira de Hannover realizada na Alemanha, através de um projeto de estratégias do governo alemão direcionado para as áreas de tecnologia. Logo após, em 2012 houve a criação de um relatório de recomendações por parte dos membros do grupo responsável com objetivo de planejar as suas implantações, e no ano seguinte 2013, foi publicado um trabalho final sobre o desenvolvimento da Indústria 4.0, demonstrando que as fábricas inteligentes possuem um conjunto de tecnologias e características com a capacidade e autonomia para prever falhas nos processos, agendar manutenções, controlar módulos de fabricação e adaptar mudanças não planejadas nas produções.

Segundo Boettcher (2015), com os diversos avanços tecnológicos e a expansão da automatização dos processos nas organizações, muitos especialistas concordam que a Quarta Revolução Industrial em breve se tornará uma realidade, e ainda ressalta que dentro das fábricas do futuro os produtos e as máquinas terão a capacidade de se comunicar e serem monitorados, pois haverá uma rede de produção onde as máquinas, recursos de operações e sistemas de armazenamento que serão capazes de trocar informações e disparar ações de forma autônoma e conforme as necessidades das áreas de produções industriais.

Segue abaixo na figura 1 um breve resumo das respectivas revoluções industriais com os principais marcos em cada período histórico.



Figura 1 - Revoluções Industriais



Fonte: Silveira (2016)

2.2 Os Principais avanços tecnológicos da Indústria 4.0

As transformações tecnológicas ocorridas conforme o decorrer dos períodos históricos, contribuiu claramente para o alcance de novos estágios em relação aos homens e as máquinas, com isso nos próximos anos a tendência é de que com as novas evoluções e consequentemente com os avanços da ciência e da tecnologia esse período fique marcado para a história da sociedade, sendo assim, é importante conhecer perspectivas diferentes que abordam os respectivos assuntos.

De acordo com Schwab (2016), as tecnologias digitais relacionadas ao computador, redes e softwares, atualmente não são consideradas mais como novas, porém, estão em constante evolução, e em consequência dos novos desenvolvimentos, sofisticação e integração dessas tecnologias os resultados procedentes serão os de transformação da sociedade e da economia global.

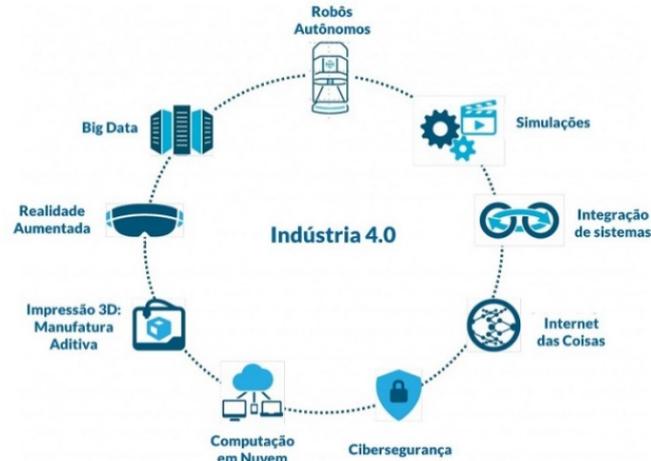
Para Piaia, Costa e Willers (2019), com as mudanças e as transformações ocorridas mediante ao desenvolvimento das novas tecnologias, é de suma importância buscar uma nova forma de se observar o mundo; sendo assim, no contexto industrial a busca pela adaptação aos novos meios de produção, a comunicação, a integração entre tecnologias e as transformações digitais da Indústria 4.0, proporcionarão ótimos resultados para as organizações tornando-as preparadas para futuras mudanças e melhorias em seus processos produtivos, de modo a atender ou superar as expectativas dos seus clientes.

Segundo Cardoso (2016) com base em Junior *et al.* (2023) os avanços tecnológicos da Indústria 4.0 intitulados como as “megatendências”, são estruturados em nove pilares que representam as tecnologias que podem ser implantadas nos sistemas produtivos das organizações, sendo agrupados entre as Físicas (Manufatura Aditiva, Robótica Avançada e Internet das Coisas) e as Digitais (Computação em Nuvem, Big Data, Cibersegurança, Realidade Aumentada, Integração de Sistemas e Simulação).

Chimielewski, Da Silva e Leite (2020) complementam descrevendo a Indústria 4.0 como o conjunto de tecnologias que possibilitam a combinação, conexão ou fusão entre o mundo físico, digital e biológico, conforme apresentadas na figura 2. Diante disso as seções a seguir com base na revisão de literatura, discorrem acerca das principais inovações tecnológicas da Quarta Revolução Industrial.



Figura 2 - Os 9 Pilares da Indústria 4.0



Fonte: Chimielewski, Da Silva e Leite (2020)

2.2.1 Internet das coisas

Segundo Schwab (2016), a Internet das Coisas (Internet of Things - IoT) pode ser definida como interação entre as “coisas” (produtos, serviços, lugares etc.) e as pessoas, por intermédio de plataformas, redes e tecnologias conectadas, sendo considerada como uma das principais tecnologias entre aplicações físicas e digitais desenvolvidas na quarta revolução industrial.

Conforme Schwab (2016) com base em De Carvalho, Tiosso e Reis (2020), a aplicação dessa tecnologia pode proporcionar uma série de impactos positivos para indústria como: Maximizar a produtividade, minimizar custos na produção, ampliar a eficiência logística e aumentar a transparência em relação a utilização e o estado dos recursos.

De acordo com Silveira (2016), os sistemas a base de IoT são denominados como “Sistemas Cyber-físicos”, que se dispõem de diversos sensores e atuadores controlados pelos softwares, sendo reputado como a base da Indústria 4.0; e ainda esclarece que a internet das coisas constitui-se como a conexão em rede de objetos físicos, máquinas, veículos e ambientes que são utilizados sensores, softwares, eletrônica e outras tecnologias para se interagirem em variados locais, sendo eles monitorados e controlados para deste modo possibilitar maiores ganhos de eficiência e permitindo assim a coleta e troca de dados entre os seus respectivos componentes.

2.2.2 Simulação

Segundo Abreu *et al.* (2017), a simulação é uma técnica aplicada em um sistema computacional que utiliza a modelagem para criar simulações, com a finalidade de prever comportamentos, efeitos e o desempenho de produtos, serviços ou processos, permitindo realizar análises prévias, visualizar erros, estimar tempos e localizar quais são os custos-benefícios conforme as necessidades dos projetos; sendo renomada também como uma das principais ferramentas inovadoras para criação com qualidade de produtos e serviços, podendo contribuir com a economia de recursos financeiros e para a obtenção do aumento de produtividade nos ambientes industriais.



De acordo com Gavira (2003), essa ferramenta pode contribuir de forma eficiente para que as pessoas possuam oportunidades para se aprender a pensar de modo rápido, assertivo e eficiente em relação a tomada de decisões, pois com esse mundo agitado e globalizado tal realidade interfere na rotina da sociedade de modo a ser necessário acompanhar esses avanços, ritmos e saber lidar com os variados desafios cotidianos, onde assim com utilização da simulação é possível transformar informações em conhecimento, descobrir respostas, proporcionar visão sistêmica, estimular análise crítica de dados, entre muitos outros fatores importantes.

Torga (2017), afirma que os modelos de simulação possuem superioridades em relação aos modelos matemáticos e analíticos, pois com ele é possível ser comparado o modelo virtual com a circunstância real, para assim contribuir com determinado projeto ou estudo no qual estão sendo buscadas possíveis soluções ou informações; valendo considerar que esses modelos são de fáceis compreensão para serem apresentados aos gerentes e clientes das organizações.

Para Bousdekis *et al.* (2021), com a utilização das novas abordagens da Simulação nos ambientes de produção, poderão ser evitados muitos fatores considerados como relevantes para o bom andamento das organizações, como os de problemas voltados para confiabilidade, segurança e o de custos elevados. Com relação a Indústria 4.0 ressaltam que essa inovação atingiu uma nova fronteira, onde virtualmente acontece a representação de um objeto físico gerado com dados digitais, nomeado como “Gêmeo Digital”; sendo ele empenhado para realização das respectivas simulações conforme as necessidades e com base nas fontes de informações ao longo dos ciclos de vida dos projetos e de outras aplicações.

2.2.3 Integração de Sistemas Horizontal e Vertical

Segundo Chimielewski, Da Silva e Leite (2020), o propósito da integração de sistemas é interligar os diferentes setores das organizações para realizar coleta de dados e informações referentes aos processos produtivos e das áreas de suportes, para que possam serem realizadas melhorias de forma contínua e de acordo com as necessidades dos produtos, serviços ou processos. A integração horizontal trata-se dos sistemas de tecnologia da informação e dos fluxos na cadeia de fornecimento/valor incluindo os seus respectivos processos; e a integração vertical possibilita a conexão entre os diversos níveis das fábricas, desde o operacional até os níveis estratégicos.

De acordo com Marciano *et al.* (2019), o conceito de integração de sistemas possui capacidade de expor e compartilhar dados referentes aos produtos, processos, sistemas de gestão e de produção integrados a indústria 4.0, realizando alterações de forma estratégica na atuação das organizações referentes ao desenvolvimento dos seus produtos, sendo, de forma horizontal e vertical. Ainda, ressaltam que pode ser um grande desafio o período de transição para indústria 4.0 em muitas organizações, pois elas podem se deparar com situações em que os seus sistemas de TI (Tecnologia da Informação) e de TA (Tecnologia da Automação) ainda não estejam integrados e que infelizmente não foram projetados para se integrarem por completo.

Bousdekis *et al.* (2021), relatam que com a integração de sistemas, criam-se funcionalidades com a agregação de outros subsistemas e aplicativos, onde deste modo em consequência aumenta-se o valor do conjunto de elementos que fazem parte de um determinado sistema.



2.2.4 Robôs Autônomos

Para Chimielewski, Da Silva e Leite (2020), os Robôs Autônomos são capazes de executar tarefas e atividades de modo a cumprir com os objetivos sem necessidade de intervenção humana, possuindo assim, autonomia e capacidade para aprenderem sozinhos, reorganizar tarefas de acordo com o ambiente no qual está inserido, interagir com máquinas, executar tarefas com segurança e de forma eficiente, entre outras.

Segundo Pereira e De Oliveira Simonetto (2018), a tendência é de que os robôs utilizados nas indústrias se tornem cada vez mais autônomos, sendo capazes de trabalhar e interagir com humanos de modo seguro, processando as informações do ambiente no qual estão inseridos e tomando as decisões necessárias referentes aos objetivos de suas tarefas.

De acordo com a visão de Schwab (2016) e conforme os diversos avanços da tecnologia, os robôs estão sendo mais utilizados em todos os setores das organizações para realização de tarefas variadas, desde áreas como agricultura até área de enfermagem, e ao invés de serem programados por alguma unidade autônoma como antigamente, hoje eles podem ter acesso remoto a nuvem e também conectar-se a uma rede; sendo assim, em um futuro próximo interação entre robôs, máquinas e pessoas será uma nova realidade cotidiana.

2.2.5 Cibersegurança

De acordo com Silveira (2016), por meio de toda a conectividade proporcionada pelos avanços tecnológicos da indústria 4.0, as empresas precisarão de sistemas confiáveis para assegurar a segurança de seus arquivos de controle, documentos internos e para solucionar possíveis problemas voltados para as suas áreas de produção, considerando também que, garantir a proteção dos sistemas de informações é um dos principais desafios para as organizações no contexto da quarta revolução industrial.

Para Schwab (2016), com os novos modelos de negócios introduzidos pela quarta revolução industrial e consequentemente com as transformações e os impactos causados nos âmbitos empresariais, será primordial para as organizações realizarem todos os investimentos necessários em sistemas cibernéticos e de segurança de dados, para que assim estejam preparadas de forma garantir a sua proteção para que não aconteçam eventos ou falhas não esperadas, que possivelmente são ocasionadas por indivíduos mal intencionados através dos seus ataques ou pela própria infraestrutura digital do local.

De acordo com Bousdekis *et al.* (2021), em decorrência dos aumentos de conectividade e da utilização dos protocolos de comunicação padrão relativos à Indústria 4.0, ampliou-se significativamente a necessidade da proteção dos dados, sistemas e linhas de produção contra possíveis ataques e ameaças nos ambientes industriais. Nunes (2012) complementa que é de se esperar que indivíduos maliciosos por meio de suas manipulações, invasões ou com controle de fluxo de informações nas redes, busquem de alguma forma afetar componentes de sistemas ou processos conforme seus respectivos interesses, sendo assim, a segurança cibernética essencial para garantir a proteção como um todo dos processos organizacionais.



2.2.6 Computação em Nuvem

Segundo Chimielewski, Da Silva e Leite (2020), a nuvem é o método utilizado para o gerenciamento do conjunto de recursos de tecnologia da informação (por exemplo, redes, armazenamento, servidores, aplicativos, etc.), sendo o principal meio virtual desenvolvido para substituir data centers, máquinas locais e outros componentes, onde os usuários podem acessar de qualquer lugar os seus respectivos recursos computacionais online e de forma remota, sendo possível obter informações, realizar consultas, armazenar ou compartilhar arquivos, entre muitos outros conforme as demandas pertinentes. Nesse mesmo contexto, Marciano *et al.* (2019) reafirmam que em qualquer local e quando desejarem, os usuários podem obter o acesso as informações contidas na nuvem, confirmando assim também o quão positivamente essa tecnologia pode contribuir para âmbito empresarial.

Para Mell (2009) baseado em Paz e Loos (2020), com a computação em nuvem é possível acessar, compartilhar e configurar inúmeros recursos digitais de forma rápida e eficiente, possibilitando a efetivação de soluções com menos esforços comparado aos demais dispositivos predecessores e permitindo a utilização do modelo de rede considerado como “onipresente” de modo favorável e com mais facilidade de acesso.

Zheng (2021) complementa descrevendo a nuvem como um sistema para prestação de serviços de armazenamento, onde sem a necessidade de instalação de softwares nos computadores é possível obter o acesso online á programas, dados, aplicações e outros serviços por meio do servidor virtual.

2.2.7 Manufatura Aditiva

De acordo com Rodrigues *et al.* (2014) com base em Aires *et al.* (2019), a Manufatura Aditiva (ou prototipagem rápida) é um processo de produção no qual primeiramente por meio da utilização de um software de modelagem (por exemplo, CAD) é desenvolvido o projeto de determinado objeto contendo nele todas as suas informações, características e dimensões, para assim em seguida iniciar-se o processo de confecção do produto através da adição repetitiva do material utilizado em forma de camadas, denominado como a “impressão 3D”.

Segundo Chimielewski, Da Silva e Leite (2020), a prototipagem rápida possui a capacidade de confeccionar formas que em outros métodos e processos de fabricação podem não serem considerados como viáveis, valendo destacar também que com essa tecnologia de manufatura aditiva não é necessário o uso de moldes para o seu processo de confecção, pois um modelo em perspectiva é produzido por meio da adição de sucessivas camadas de determinado material.

Para Inácio *et al.* (2020), essa tecnologia traz consigo diversos benefícios e novas características, como: Economia de materiais, redução das etapas e processos de fabricação, e a combinação de inéditas geometrias ou materiais. Sendo assim, a manufatura aditiva é o processo de produção que pode englobar diversas tecnologias para confeccionar objetos tridimensionais camada por camada, para que assim eles sejam impressos de acordo com as necessidades das demandas nos contextos empresariais.



2.2.8 Realidade Aumentada

De acordo com Kirner e Tori (2006), ao contrário da tecnologia denominada como “realidade virtual”, capaz de transportar o usuário para um ambiente virtual, a Realidade Aumentada permite que seja possível transportar até o local ou espaço onde determinado indivíduo se encontra, um respectivo ambiente virtual criado, e assim, ambos podem se interagirem em tempo real e de forma natural.

Azuma (2001) com base em Lopes *et al.* (2019), afirmam que os elementos que compõem um todo gerados virtualmente com a Realidade Aumentada complementam o mundo real, permitindo existir ao mesmo tempo e em determinado lugar objetos físicos reais e virtuais, onde deste modo, se constrói respectivamente as realidades mistas que se interagem em tempos reais.

De acordo com Alves Fernandes e Fernandez Sanchez (2008), é possível criar-se uma visão ampliada e melhor dos ambientes ao redor com a Realidade Aumentada, pois esse avanço tecnológico refere-se à combinação ou interação em tempo real de meios físicos onde está localizado um dado indivíduo, com informações, objetos, ambientes e outros meios digitais gerados virtualmente pelo computador.

2.2.9 Big data

Segundo Silveira (2016), o Big Data representa uma estrutura complexa e extensa com grande volume de dados, para assim lidar com fatores importantes por meio das análises e gestão das informações nele inclusas. Na indústria 4.0 é aplicado o 6Cs para o estudo desses dados e informações, sendo eles: Conexão, Cloud, Cyber, Conteúdo, Comunidade e Customização.

De acordo com Chimielewski, Da Silva e Leite (2020), além da capacidade para lidar com grande volume de dados e informações, o Big Data permite a definição e utilização de diversas ferramentas de tecnologia da informação para analisar, capturar e classificar dados reais, embasando-se nos princípios de volume, velocidade, variedade, valor e veracidade.

Para Schwab (2016), com a utilização do Big Data nas indústrias e em outras áreas ou aplicações, as tomadas de decisões estratégicas serão melhores e mais eficientes, de modo a contribuir também para que diversos serviços sejam prestados em tempo real pelos governos e para que sejam minimizadas as complexidades para os cidadãos, sendo assim, as tomadas de decisões realizadas de forma automatizadas.

2.3 Integração entre as soluções tecnológicas

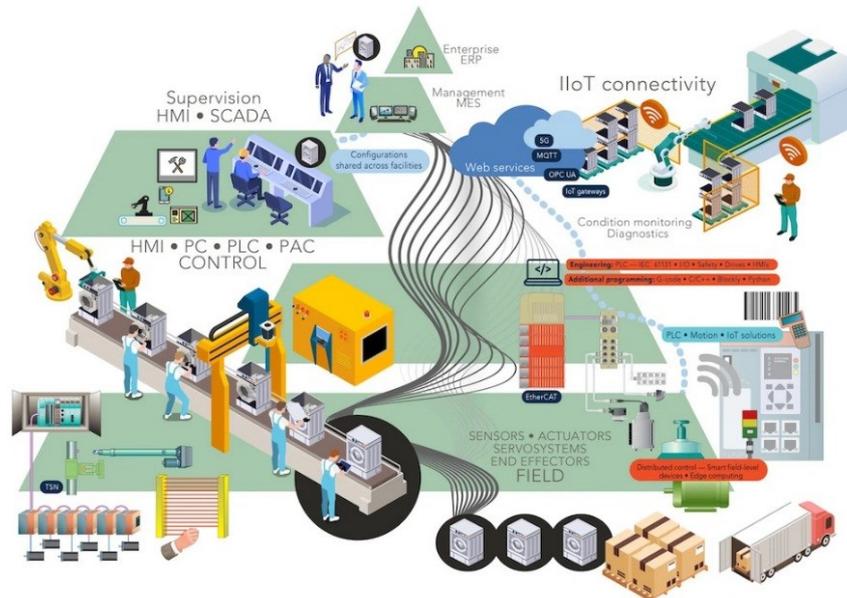
Conforme os diversos avanços, funcionalidades e características referentes as principais tecnologias citadas no contexto da Indústria 4.0, é necessário destacar também uma ferramenta tecnológica de grande importância capaz de simular o raciocínio humano, e que pode ser utilizada para a execução de tarefas, tomada de decisões, interação entre os humanos, máquinas, dispositivos, sistemas e outros objetos virtuais ou físicos que fazem parte do cotidiano das pessoas, chamada “Inteligência Artificial” (IA). Além disso, esse sistema é capaz de se integrar com as inovações tecnológicas, de modo que trabalhando em conjunto possam encontrar soluções mais rápidas e gerar resultados ainda melhores às organizações de acordo com o propósito e as metas estabelecidas em cada projeto.



De acordo com Dall’agnol (2022), a Inteligência Artificial é o conjunto de diferentes tecnologias trabalhando simultaneamente, de modo a fazer com que equipamentos, máquinas e outros objetos físicos possuam as competências e comportamentos parecidos com a dos seres humanos em fatores como aprendizagem, detecção, tomadas de decisões, solução de problemas, execução de tarefas, entre outras. Ainda destaca que pode gerar muitas vantagens para os negócios, pois esse sistema pode contribuir de forma eficaz para resolução de questões em conjunto com outras tecnologias, e para realização de várias funções de modo a simular a inteligência humana, onde assim, pode contribuir significativamente para uma melhor eficiência no âmbito empresarial; considerando que já está sendo utilizada por muitas empresas e novos modelos negócios em variados segmentos de atuação no mercado global.

Segundo Telles, Barone e Da Silva (2020), a integração da Inteligência Artificial com pesquisas efetuadas nos âmbitos da Internet das Coisas, Computação em Nuvem, Big Data e Espaços Cyber Físicos, contribui para que os processos industriais sejam mais eficientes e flexíveis, considerando que por outro lado, pode propiciar por meio da aplicação das tecnologias cognitivas de aprendizado de máquina, uma melhor interação entre os humanos e as máquinas em suas respectivas tarefas de forma colaborativa nos ambientes industriais, conforme o exemplo demonstrado na figura 3.

Figura 3 - Interação entre humanos e tecnologias em uma fábrica inteligente



Fonte: “微字物联网”, [s.d.]

Silveira (2016), destaca que em breve a tendência é de que as indústrias se adequem aos conceitos de Indústria 4.0 conforme as inovações e avanços tecnológicos que foram mencionados, e em consequência disso, poderão se tornarem altamente autônomas e eficientes em todos seus respectivos processos. Deste modo, observa-se uma grande necessidade de se acompanhar os avanços tecnológicos e aplicá-los na prática otimizando e melhorando continuamente os sistemas produtivos das organizações, para assim não se perder as participações de mercado conforme os seus ramos de atuação e manterem-se competitivas em relação aos seus principais concorrentes.



3 METODOLOGIA DA PESQUISA

O método de pesquisa aplicado nesse trabalho foi o de revisão de literatura; caracterizando-se como descritiva, por correlacionar conceitos e apresentar relevantes perspectivas de acordo com a visão de diferentes autores, e como qualitativa, por representar as suas respectivas ideias e concepções para o alcance dos resultados referentes ao objeto de estudo, contribuindo assim, para o objetivo de conhecer e compreender os principais conceitos e avanços tecnológicos no contexto da Indústria 4.0; considerando que o estudo foi realizado no período do primeiro semestre do ano 2024.

3.1 Materiais e métodos

Para elaboração do presente artigo referente aos principais conceitos e avanços tecnológicos que caracterizam a Indústria 4.0, realizou-se pesquisas bibliográficas baseadas nos assuntos pertinentes ao tema escolhido, efetuando-se a coleta de dados e informações utilizando-se materiais eletrônicos, consulta a livros, artigos científicos e trabalhos acadêmicos, sendo sintetizados os dados encontrados conforme a proposta do estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante dos principais conceitos da Indústria 4.0 citados, sendo desde os assuntos relacionados ao contexto histórico até as interações entre as tecnologias, percebe-se o quão importante é para as organizações o conhecimento, a compreensão e o acompanhamento da evolução tecnológica para o âmbito empresarial, e observa-se que muitos desses novos avanços vêm gradativamente transformando os sistemas de produções e as respectivas interações entre pessoas, máquinas, sistemas e diversos outros meios físicos ou digitais. Nesse contexto e conforme os assuntos abordados, compreende-se como uma necessidade o conhecimento e a busca pela adequação a essas transformações que a Indústria 4.0 tem proporcionado, pois conforme Costa (2002) com base em De Carvalho, Tiosso e Reis (2020), relatam que a inserção das novas tecnologias vem modificando os modos de convivência e de interação entre as pessoas de forma constante; portanto, com as mudanças que vem acontecendo é de suma importância acompanhar esses ritmos para que as empresas continuem competitivas de modo que saibam se posicionar corretamente no seu setor econômico de atuação.

As nove principais tecnologias mencionadas que estão transformando a produção industrial, conhecidas também como os pilares da Indústria 4.0 são: Internet das Coisas, Simulação, Integração de Sistemas Horizontal e Vertical, Robôs Autônomos, Cibersegurança, Computação em Nuvem, Manufatura Aditiva, Realidade Aumentada e Big Data; salientando que as interações entre essas soluções tecnológicas permitem que os processos e sistemas naturais nas fábricas se comuniquem entre si e em conjunto organizem um fluxo com informações mais detalhadas e inteligentes; considerando-se que semelhantemente todas se dispõem de grandes potenciais para contribuir com a melhoria na qualidade dos produtos, redução de custos, eliminação de desperdícios, otimização dos processos de fabricação, aumentos de produtividade, entre muitos outros benefícios para as organizações. Segundo a visão de Schwab (2016), as novas revoluções tecnológicas da quarta revolução industrial gerarão muito mais agitações do que as revoluções anteriores, pois tudo está em um ritmo



muito mais acelerado e várias mudanças radicais estão acontecendo ao mesmo tempo, sendo assim, devido a essas altas velocidades e como efeito as respectivas transformações, poderão ocorrer inúmeras transições e impactos em consequência da utilização dessas inovações tecnológicas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou investigar os principais conceitos e tecnologias da quarta revolução industrial, abordando inicialmente os contextos históricos por meio das quatro revoluções industriais, apresentando os avanços tecnológicos conhecidos como os nove pilares ou megatendências, e exemplificando com a integração entre as tecnologias digitais pertinentes a Indústria 4.0. No entanto, para garantir uma maior efetividade nos processos e sistemas produtivos, entende-se que com a aplicação dessas novas tecnologias pode ser proporcionado uma série de vantagens às organizações, de forma a contribuir para o alcance dos objetivos propostos e obter os melhores resultados em suas respectivas atividades cotidianas; salientando-se que podem ser implantadas conforme a necessidade de aplicação em todos os níveis corporativos.

Diante disso, o propósito desse estudo foi de pesquisar, descrever e apresentar os potenciais benefícios das principais inovações tecnológicas que fazem parte quarta revolução industrial, baseando-se na perspectiva de diferentes autores que abordaram o tema que está em constante evolução desde a primeira vez que mencionado no ano de 2011, no maior evento de tecnologia industrial do mundo (Feira de Hannover) realizado na Alemanha.

Ao término desse estudo, percebe-se o quanto é essencial e importante que as organizações busquem por obter os conhecimentos, as compreensões e as adequações que possam colaborar para melhoria de suas respectivas atividades produtivas conforme os conceitos da Indústria 4.0, ressaltando que a tendência ao longo dos próximos anos é de que muitas empresas implantem e se adequem ao uso dessas tecnologias, para assim usufruírem dos seus diversos benefícios e de modo que venha contribuir para que continuem prosperando em um mundo corporativo que encontra-se cada vez mais informatizado, dinâmico e competitivo.

Como sugestão para trabalhos futuros, pode ser realizado um estudo específico tratando dos impactos positivos e negativos dos avanços tecnológicos no contexto da Indústria 4.0, pois observa-se que com a implantação dessas tecnologias, grandes são as mudanças tanto para sociedade quanto para as organizações, considerando-se que esse é um tema que promete mudar a forma de fabricação e distribuição de produtos no âmbito empresarial.

REFERÊNCIAS

ABREU, Cleyde Evangelista Maia *et al.* 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. 12, p. 49-53, 2017.

AIRES, Matheus De Oliveira *et al.* Indústria 4.0: a manufatura aditiva como ferramenta de inovação e otimização. **Brazilian Journal of Business**, v. 1, n. 4, p. 1821-1833, 2019.



ALVES FERNANDES, Bruno Chagas; FERNÁNDEZ SÁNCHEZ, Joaquín. Realidade aumentada aplicada ao design. **Holos**, v. 1, n. 24, p. 28-47, 2008.

BOETTCHER, M. **Revolução Industrial - Um pouco de história da Indústria 1.0 até a Indústria 4.0**. LinkedIn. 26 nov. 2015. Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/revolu%C3%A7%C3%A3o-industrial-um-pouco-de-hist%C3%B3ria-da-10-at%C3%A9-boettcher>. Acesso em: 29 ab. 2024.

BOUSDEKIS, Alexandros *et al.* A review of data-driven decision-making methods for industry 4.0 maintenance applications. **Electronics**, v. 10, n. 7, p. 828, 2021.

CHIMIELEWSKI, Adão Maciel Monteiro; DA SILVA, Antônio José Dias; LEITE, José Roberto Emiliano. Indústria 4.0: Revolução e Impacto no mundo moderno. **Projectus**, v. 5, n. 1, p. 1-12, 2020.

COELHO, P. M. N. N. **Rumo à Indústria 4.0**. Coimbra, Portugal: Universidade de Coimbra:2016. Disponível em: <https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/36992>; Acesso em 29 de abril 2024.

DALL'AGNOL, Leticia de Almeida. **A Inteligência Artificial na Indústria 4.0**; 2022.

DE CARVALHO, Gabriel Gomes; TIOSSO, Fernando; REIS, Helena Macedo. INDÚSTRIA 4.0: adoção de tecnologias como fator de competitividade. **Revista Interface Tecnológica**, v. 17, n. 2, p. 256-268, 2020.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO-FIRJAN. **Indústria 4.0**. Caderno Senai de Inovação. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-inovacao/industria-4-0-1.htm>. Acesso em: 28 abr.2024.

GAVIRA, Muriel de Oliveira. **Simulação computacional como uma ferramenta de aquisição de conhecimento**. 2003. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

INÁCIO, Danilo *et al.* A importância da manufatura aditiva como tecnologia digital para a indústria 4.0: uma revisão sistemática. **Revista Competitividade e Sustentabilidade**, v. 7, n. 3, p. 653-667, 2020.

JUNIOR, Roberto Bernardes *et al.* INDÚSTRIA 4.0: ALCANÇOU A EXAUSTÃO, OU AINDA HÁ ESPAÇO PARA NOVOS DESDOBRAMENTOS. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 9, n. 6, p. 2527-2542, 2023.

KIRNER, Cláudio; TORI, Romero. Fundamentos de realidade aumentada. **Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada**, v. 1, p. 22-38, 2006.

LOPES, Luana Monique Delgado *et al.* Inovações educacionais com o uso da realidade aumentada: uma revisão sistemática. **Educação em Revista**, v. 35, p. e197403, 2019.



MARCIANO, Erica Moreira *et al.* indústria 4.0–integração de sistema. **Revista Pesquisa e Ação**, v. 5, n. 1, p. 75-92, 2019.

NUNES, Paulo Fernando Viegas. A definição de uma estratégia nacional de cibersegurança. **Nação e defesa**, Lisboa, n. 133, p.113-127, 2012.

PAZ, Antonio Carlos Menezes; LOOS, Mauricio Johnny. A importância da computação em nuvem para a indústria 4.0. **Revista Gestão Industrial**, v. 16, n. 2, 2020.

PEREIRA, Adriano; DE OLIVEIRA SIMONETTO, Eugênio. Indústria 4.0: conceitos e perspectivas para o Brasil. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 1, 2018.

PIAIA, Thami Covatti; COSTA, Bárbara Silva; WILLERS, Miriane Maria. Quarta revolução industrial e a proteção do indivíduo na sociedade digital: desafios para o direito. **Revista Paradigma**, v. 28, n. 1, p. 122-140, 2019.

SAKURAI, Ruudi; ZUCHI, Jederson Donizete. As revoluções industriais até a indústria 4.0. **Revista Interface Tecnológica**, v. 15, n. 2, p. 480-491, 2018.

SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. Edipro, 2016.

SILVEIRA, C. B. **O que é a Indústria 4.0 e como ela vai impactar o mundo**.

Citisystems.2016. Disponível em: <<https://www.citisystems.com.br/industria-4-0/>>. Acesso em 27 de abril de 2024.

TELLES, Eduardo Santos; BARONE, Dante Augusto Couto; DA SILVA, Alexandre Moraes. Inteligência Artificial no Contexto da Indústria 4.0. In: **Anais do I Workshop sobre as Implicações da Computação na Sociedade**. SBC, 2020. p. 130-136.

TORGA, Bruno Lopes Mendes. **Modelagem, simulação e otimização em sistemas puxados de manufatura**. Dissertação de mestrado em Engenharia de Produção. UNIFEI, Itajubá, 2007.

ZHENG, Ting *et al.* The applications of Industry 4.0 technologies in manufacturing context: a systematic literature review. **International Journal of Production Research**, v. 59, n. 6, p. 1922-1954, 2021.

微宇物联网. Disponível em: http://withyu-iot.com/article_iiot_05.html#. Acesso em: 1 jun. 2024.