



Indústria 4.0: conceitos, ferramentas e aplicações na indústria brasileira

Industry 4.0: concepts, tools and applications in the Brazilian industry

Icléia Silveira, Doutora, Universidade do Estado de Santa Catarina

icleiasilveira@gmail.com

Amanda Camara Manso, Graduanda, Universidade do Estado de Santa Catarina

amandacamaramanso@gmail.com

Amanda da Silveira Bairros, Especialista, Universidade do Estado de Santa Catarina

amanda.sbairros@hotmail.com

Resumo

Este artigo tem como objetivo reunir informações sobre as dimensões da Indústria 4.0, seus conceitos, pilares e aplicações, conceituando-os dentro da realidade mundial e brasileira. Para o embasamento teórico, foram obtidas informações por meio de uma revisão bibliográfica assistemática e qualitativa da literatura disponível em periódicos, anais de eventos e livros. Como resultado, este texto traz uma junção de informações sobre a Indústria 4.0, seus benefícios e riscos, assim como visões diferentes dos resultados de sua aplicação. Ademais, este estudo aponta obstáculos para a implementação desta na Indústria Brasileira, como falta de investimento e questões trabalhistas.

Palavras-chave: Indústria 4.0; Sustentabilidade; Ferramentas; Indústria Brasileira.

Abstract

This article aims to gather information about the dimensions of Industry 4.0, its concepts, pillars, and applications, conceptualizing them within the world and Brazilian reality. For the theoretical basis, information was transmitted through an unsystematic and qualitative bibliographical review of the literature available in newspapers, proceedings, and books. As a result, this text brings a union of information about Industry 4.0, its benefits and risks, as well as different views of the results of its application. In addition, this study points out obstacles to its implementation in the Brazilian Industry, such as lack of investment and labor issues.

Keywords: Industry 4.0; Sustainability; Tools; Brazilian Industry.

1. Introdução

A Indústria 4.0, também conhecida como Quarta Revolução Industrial, pode ser considerada um conceito emergente que se populariza no mercado industrial global, desde sua apresentação na *Hannover Fair* na Alemanha, no ano de 2011 (GERMANO; MELLO; MOTTA, 2021; SCHWAB, 2017). Suas aplicações na Indústria podem ser feitas de formas variadas e por meio de diversas ferramentas. Logo, depois de três Revoluções Industriais, a Indústria 4.0 surge para complementar os modos de produção das indústrias globais e atende uma nova exigência criada pelos novos padrões de consumo atuais, a sustentabilidade (GERMANO; MELLO; MOTTA, 2021).

Os conceitos e ferramentas estudados na Quarta Revolução Industrial são extensos e se aprimoram cada vez mais em razão de estudos realizados na área. Na atualidade, após 11 anos de sua introdução, ferramentas como *IoT*, sistemas *ciber-físicos*, *big data* e realidade aumentada (GERMANO; MELLO; MOTTA, 2021) destacam-se e são algumas das diversas disponíveis que serão posteriormente explicadas e aprofundadas no decorrer do estudo. Ademais, as aplicações das ferramentas podem variar de acordo com a indústria onde está sendo empregada.

Segundo um estudo feito pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) em abril de 2022, 69% das empresas industriais brasileiras já utilizam ao menos uma ferramenta digital implementada pela Indústria 4.0 dentre as 18 apresentadas na pesquisa. Entretanto, ao analisar os dados obtidos pelo estudo, é possível chegar à conclusão de que o processo de digitalização se encontra em seu início ao apresentar que, a maioria das empresas que fazem uso destas ferramentas (26%) utilizam apenas 1 a 3 tecnologias digitais dentre as 18 disponíveis.

Logo, ao observar e comparar a implementação da Indústria 4.0 em um contexto global e contexto nacional Brasileiro, é possível se deparar com diferenças relevantes (PACCHINI *et al.*, 2020) e introduções de novos conceitos, como o Hibridismo Industrial (SILVA *et al.*, 2020). Entretanto, a bibliografia disponível para a aplicação da Indústria 4.0 no contexto nacional, apresenta uma necessidade de mais pesquisas sobre como aplicar os conceitos e ferramentas dentro de uma realidade Nacional Brasileira, onde ainda há falta de recursos para tal investimento (SILVA *et al.*, 2020).

Neste sentido, o estudo sobre a Indústria 4.0 pode ser considerado de extrema importância para novos avanços da indústria brasileira e trata-se de um assunto que necessita ser pesquisado frequentemente para manter os conceitos e ferramentas atualizados de acordo com as novas tecnologias ao serem implementadas na indústria global.

Isto posto, o objetivo deste artigo é reunir informações a respeito de conceitos, ferramentas e aplicações da I4.0. Para seu desenvolvimento, utilizou-se de pesquisa qualitativa, com procedimentos técnicos de pesquisa bibliográfica. Além desta introdução, como estrutura, o texto aborda a indústria 4.0 e seus princípios, discorre acerca de seus principais pilares e ilustra suas aplicações. Por fim, apresentam-se as considerações finais e referências utilizadas na construção do estudo.

2. Procedimentos Metodológicos

O presente artigo tem natureza qualitativa e descritiva acerca do tema Indústria 4.0, seus conceitos, pilares e aplicações dentro do mercado industrial brasileiro. Para suporte bibliográfico foi dada prioridade inicialmente às pesquisas mais recentes sobre o tema, e em seguida, às pesquisas de maior destaque e de marco teórico e histórico acerca do assunto.

Após a realização da revisão bibliográfica, a estruturação do artigo e a junção das informações sobre cada tópico foram feitas com finalidade de resumir diversos conceitos presentes em diferentes obras.

3. A Indústria 4.0 e seus princípios

Ao analisar o conceito da Indústria 4.0, pode-se observar que se caracteriza como uma conexão inteligente entre maquinários e processos produtivos dentro de uma fábrica em conjunto com tecnologias de informação e comunicação (BFWuE, 2018; GERMANO; MELLO; MOTTA, 2021; SILVA; KOVALEVSKI; PAGANI, 2020). De acordo com Schwab (2017), é a fusão entre as tecnologias e sua interação entre domínios físicos, biológicos e digitais que formam a Quarta Revolução Industrial. Portanto, a Indústria 4.0 é capaz de impactar a sociedade de diversas maneiras.

Na economia, o crescimento econômico é um dos pontos que mais causa divergência entre autores e economistas. Alguns acreditam que o potencial de crescimento já atingiu seu auge e seu impacto na produtividade está em seu último momento, já outros creem que haverá um ponto que causará um maior crescimento em âmbito econômico e um aumento na produtividade. Além disso, outro fator essencial a ser discutido quando se fala de economia, é o emprego, o qual pode ser impactado negativamente se não estudado e analisado em conjunto com a Quarta Revolução Industrial, devido à possível substituição da mão de obra humana por máquinas (SCHWAB, 2017).

Nesta perspectiva, a Indústria 4.0 pode impactar a rede de Negócios por meio de maneiras como mudanças na expectativa do consumidor, melhoria dos produtos e da produção por dados, novas parcerias e modos de colaborações e novos modelos operacionais digitais (SCHWAB, 2017). Com os impactos dessa nova forma de produção, um ponto indispensável a ser discutido é a sustentabilidade. Entretanto, para esta ser feita de modo assertivo, precisa ser contemplada em âmbitos sociais, econômicos e ambientais (GERMANO; MELLO; MOTTA, 2021). Lozano (2019) aponta que como a Indústria 4.0 traz benefícios claros a estes setores, ela pode ser caracterizada pelo seu caráter sustentável.

Devido à Indústria 4.0 ser um conceito relativamente novo no mercado industrial, o seu emprego nas indústrias pode provocar uma série de riscos e desafios para a sustentabilidade. Por exemplo, a sustentabilidade ambiental pode não ser garantida, pois seus benefícios ainda podem não superar os malefícios causados ambientalmente pelo descarte de maquinários e a alta demanda de energia (GERMANO; MELLO; MOTTA, 2021).

Além disso, segundo Bai *et al.* (2020) e Varela *et al.* (2019), Germano, Mello e Motta (2021) afirmam que as ferramentas apresentadas pela Indústria 4.0 tem a capacidade de reduzir o gasto de energia, os recursos no processo de produção e a rede de suprimentos, o que causa impacto diretamente ecológico ao diminuir a produção de carbono e emissão de CO₂ na atmosfera. Entretanto, esses impactos não poderiam ocorrer sem o uso de novas ferramentas trazidas pela Quarta Revolução Industrial, mais conhecidas também como pilares da Indústria 4.0. Para tal, na seção seguinte, alguns apontamentos acerca dos pilares da Indústria 4.0 serão ilustrados.

3.2. Pilares da Indústria 4.0

As tecnologias e ferramentas usadas pela Indústria 4.0 são diversas e seu emprego varia de acordo com cada intelectual. Contudo, as mais citadas em artigos científicos, livros e pesquisas são a *Internet Of Things* (IoT), *Internet of Services* (IoS), os Sistemas Ciber-Físicos e a *CyberSecurity*. É importante destacar que algumas tecnologias citadas na construção do texto não são exclusivas da indústria 4.0, tendo sua aparição em revoluções anteriores a esta. Entretanto, estas ferramentas são essenciais para o sucesso da Quarta Revolução Industrial, como *big data* e nuvem de dados (LIMA; GOMES, 2020). Neste artigo serão abordados os conceitos mais famosos dos pilares da Indústria 4.0 entre pesquisadores e intelectuais da área, visando conceituar cada um deles e contextualizar sua importância para a Indústria 4.0.

3.2.1. Internet Of Things (IoT)

A *Internet of Things* é considerada por alguns autores a base da Quarta Revolução Industrial, capacitando objetos tecnológicos a interagirem entre si, trabalhando de forma simultânea e com objetivos iguais ou parecidos, sem restrições físicas ou temporais (COLOMBO; LUCCA FILHO, 2018; HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016; LIMA; GOMES, 2020). A interação entre as máquinas, análise de dados e seu armazenamento são algumas das atividades que a Internet das Coisas permitiu às empresas que fossem feitas sem a necessidade da interferência humana (COLOMBO; LUCCA FILHO, 2018).

O seu conceito é caracterizado por “um paradigma tecnológico, no qual objetos físicos estão conectados na rede e são acessados através da *internet*, sem restrição de momento ou lugar” (COLOMBO; LUCCA FILHO, 2018, p.75). Dias (2016), estabelece que a Internet das Coisas possui dois pilares: a Interoperabilidade e seus padrões e a Segurança.

A interoperabilidade se caracteriza pela capacidade das coisas atuarem com um objetivo em comum, sendo estas pessoas, máquinas ou sistemas (LIMA; GOMES, 2020). Logo, ela é essencial quando se trata da *Internet Of Things*, e são os padrões que garantem que esta ocorra de forma correta e transparente, quando se trata de comunicação de informações e serviços entre diferentes máquinas (COLOMBO; LUCCA FILHO, 2018).

3.2.2 Internet Of Services

Com base em Buxmann, Hess e Ruggaber (2009), Colombo e Lucca Filho (2018, p. 9) afirmam que a Internet de Serviços “Consiste em uma infraestrutura de serviços e modelos de negócios combinados entre vários fornecedores, e em vários canais, que são acessados pelo consumidor final”. Buxmann, Hess e Ruggaber (2009), afirmam que a *Internet de Serviços* permite que fornecedores possam oferecer seus serviços via internet até mesmo de forma mundial, dependendo do software usado. Com isso, tanto a *Internet Of Things* quanto a *Internet of Services* são consideradas essenciais para a construção de sistemas *ciberfísicos* dentro das indústrias que irão aplicar os conceitos e tecnologias da Quarta Revolução Industrial.

3.2.3 Sistemas Ciberfísicos

Os CPSs podem ser caracterizados como sistemas com diversas funções e objetivos construídos por meio de diferentes tecnologias (SILVA; KOVALEVSKI; PAGANI, 2020) e são considerados, por alguns pesquisadores, como sistemas integradores do mundo físico com as infraestruturas automatizadas. Para isso, atuam também em composição com subsistemas para fazer algumas funções (LIMA; GOMES, 2020).

Esses sistemas possuem comportamentos autônomos e descentralizados, e visam criar um sistema interativo, por meio de sensores diversos. Logo, garante o sucesso da Indústria 4.0 por meio do controle e análise de dados e informações gerados pelas máquinas e dispositivos (SILVA; KOVALEVSKI; PAGANI, 2020).

De acordo com Hermann, Pentek e Otto (2016), o desenvolvimento dos Sistemas *Ciberfísicos* está dividido em 3 gerações: a primeira consiste na identificação de tecnologias, a segunda está relacionada com o uso de sensores e atuantes limitados, já a terceira se caracteriza pela sua capacidade de armazenar e analisar dados, além de possuir diversos sensores e atuantes e compatibilidade de rede.

3.2.4 Fábrica Inteligente

Na ciência, a fábrica inteligente significa um novo modo industrial, diferente dos que eram aplicados a indústrias antes da Quarta Revolução Industrial. Para Lima e Gomes (2020), é considerada inteligente por possuir tecnologias mais avançadas que possibilitam uma melhor análise e monitoramento do processo de produção.

Logo, Hermann, Pentek e Otto (2020) corroboram que as fábricas inteligentes completam a ideia da *Internet Of Everything* ao conectar indivíduos, dados, máquinas e métodos. Essa

conexão pode ser considerada o fator que permite a Indústria 4.0 a se tornar flexível e modular em relação às demandas do mercado e do consumidor (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2020). Dessa forma, para uma indústria se tornar uma fábrica inteligente, não apenas são necessários conceitos já explicados antes nesse texto, mas também conceitos já abordados e usados por revoluções anteriores à Quarta Revolução Industrial, como *big data* e nuvem de dados.

3.2.5 Big Data

Em seu artigo intitulado “A gestão do conhecimento na transformação digital para a Indústria 4.0: tecnologias digitais e suas aplicações em setores econômicos”, Senna e Ribeiro (2021, p. 9) descrevem *Big Data* como “Ciência que envolve as atividades de coleta, armazenamento, transformação, análise e extração de conhecimento de grandes bases de dados”. Logo, considerada como uma tecnologia habilitadora, *big data* consiste em um conjunto de dados de serviços como redes sociais, blogs e notícias, sendo estes dados não estruturados e formatados (PARK *et al.*, 2017; SILVA; KOVALEVSKI; PAGANI, 2020) Este também pode ser considerado por alguns autores, como Lima e Gomes (2020, p. 8), “uma infraestrutura de armazenamento de dados bastante superior quanto à capacidade e desempenho se comparado aos métodos tradicionais”.

Diversos autores da área consideram esta ferramenta como uma das tecnologias que permite uma grande coleta de dados e sua análise para que assim outros processos que envolvem simulações e inteligência artificial ocorram com menores limitações (LIMA; GOMES, 2020).

3.2.6 Nuvem de Dados (*Cloud Computing*)

Com base em Malathi (2011), Silva, Kovalevski e Pagani (2020, p.431) indicam que a nuvem de dados “[...] permite acesso ao *software* e ao armazenamento de dados na representação nuvem da internet ou de uma rede digital integrada, cujos serviços são fornecidos por meio de centros comuns e criados em servidores para os usuários”. Logo, ao levar essa descrição em consideração, os autores (MALATHI, 2011; SILVA, KOVALEVSKI; PAGANI, 2020) caracterizam o *Cloud Computing* por possuir um auto atendimento que trabalha de acordo com as necessidades daquela indústria, uma integração grande com a rede, disponibilidade de recursos a seu favor e melhor monitoramento do processo.

Contudo, é necessário lembrar que esta tecnologia não é originária da Indústria 4.0 e aparece em revoluções anteriores. Durante a Quarta Revolução Industrial, a Nuvem de Dados é apenas considerada uma tecnologia habilitadora para que esta possa ocorrer de forma bem-sucedida e sem limitações.

3.2.7 Realidade Aumentada

A Realidade Aumentada consiste em um dos nove pilares necessários para o acontecimento da Quarta Revolução Industrial. Alguns autores, como Silva, Kovalevski e Pagani (2020), definem que esta tecnologia é um fruto da relação da realidade virtual com o espaço físico humano.

A partir de Ceruti *et al.* (2019), Bender e Ceconello (2020, p.103) explicam que “[...] a Realidade Aumentada é definida como uma técnica de computação gráfica, onde os símbolos virtuais são sobrepostos a uma imagem real do mundo externo, representando uma evolução da realidade virtual”. Portanto, esta ferramenta está diretamente associada à uma realidade modificada virtualmente, criando uma simulação digital do mundo real.

É possível observar que qualquer pessoa tem capacidade de criar esta simulação, com a possibilidade de desenvolvê-la por meio de tecnologias acessíveis para um indivíduo comum, como *smartphones*, ou por tecnologias mais avançadas, como *softwares* (BENDER; CECCONELLO, 2020). Assim, a Realidade Aumentada pode trazer diversos benefícios à Indústria que optar por utilizá-la. Alguns destes são o aumento da segurança industrial e a diminuição da demanda física dos operários. Desta forma, a tecnologia também auxilia no processo de criação e design de um novo produto, e permite que o processo de produção seja modificado (BENDER; CECCONELLO, 2020).

3.2.8 Inteligência Artificial

A autonomização da tecnologia pode ser considerada um conceito extremamente atual e presente dentro do setor fabril. Com a Quarta Revolução Industrial, a Inteligência Artificial se tornou um de seus pilares para que esta pudesse acontecer. Máquinas e Robôs podem se comportar e funcionar de diferentes maneiras com a I.A. e os graus de autonomização variam de acordo com a sua aplicação e funcionalidade dentro de uma fábrica (SILVA; KOVALEVSKI; PAGANI, 2020).

Logo, aplicação de Inteligência Artificial dentro de uma indústria pode resultar em algumas vantagens, como produtividade, segurança no ambiente de trabalho e economia de tempo e dinheiro (SILVA; KOVALEVSKI; PAGANI, 2020). Além disso, a I.A. é capaz de autonomizar objetos diversos, no contexto fabril, em função tanto do processo produtivo quanto no resultado produtivo (SCHWAB, 2017). Portanto, esta ferramenta tem ocupado cada vez mais espaço dentro do cotidiano de cada indivíduo, por meio de *softwares* que podem estar presentes em diferentes objetos tecnológicos usados por este, como *smartphones*, *Smart-TVs*, computadores e aparelhos com assistentes virtuais.

3.2.9 CyberSecurity

A Segurança Cibernética é um dos pilares mais essenciais dentro da Indústria 4.0, pois, sem sua aplicação em conjunto com as outras ferramentas, pode ocorrer falhas e ataques ao processo produtivo de uma indústria, capazes de gerar diversos prejuízos econômicos, físicos

e temporais para os envolvidos com esta. Em seu livro, Schwab (2017) afirma que a segurança de dados é um dos pontos mais importantes e cruciais para o funcionamento da Indústria 4.0. Logo, esta precisa de um grande investimento para que sejam evitadas intervenções criminosas, ativistas ou até mesmo falhas no sistema industrial. Para o autor (2017) é pertinente destacar que, apesar de haver legislações para garantir a proteção desses dados, não há garantia de que não haverá nenhum ataque e que o Estado conseguirá tomar uma providência contra isso.

4. Aplicações da Indústria 4.0

Ao analisar todos os pilares da Indústria 4.0, outro fator essencial a ser discutido é a sua aplicação dentro das indústrias e como fazer esta transição de um modo bem-sucedido e que não afete a sustentabilidade, a economia, e o bem-estar geral de uma empresa. Inicialmente a sua introdução deve ser feita a partir da vontade de todos os envolvidos com a fábrica, afinal, acredita-se que uma empresa que ignora a evolução tecnológica e seus benefícios para sua indústria, pode permanecer em uma posição desfavorável em relação aos seus concorrentes e, para que esta implementação ocorra, mudanças serão necessárias no processo produtivo e na indústria em geral.

Com a aplicação destas novas tecnologias, as características requisitadas pela fábrica de seus trabalhadores também sofrem modificações, pois com estas novas ferramentas e máquinas, funções antes feitas por funcionários, principalmente as físicas, passarão a ser automatizadas, exigindo que o operário tenha conhecimentos diversos sobre o setor em que trabalha e sobre estas tecnologias a serem implementadas (PACCHINI *et al.*, 2020).

4.1 Aplicações nas Indústrias Brasileiras

De acordo com Yamada e Martins (2018) o patamar em que as indústrias brasileiras se encontravam no ano de 2018 era o da Indústria 2.0. Destaca-se a posição ao se comparar os índices de exportação brasileiros com o de países com tecnologias e estruturas mais avançadas como, por exemplo, a Alemanha. Desta forma, é possível observar um atraso das indústrias brasileiras perante o mundo. Outro fator que comprova o atraso é o Índice Global de Inovação, o qual evidencia o ranking de eficiência da inovação. Nota-se que países como Suíça, Suécia, Estados Unidos e Finlândia ocupam posições entre as 10 primeiras no ranking, já o Brasil se encontra na 69ª posição (YAMADA; MARTINS, 2018).

Diferentemente de outros países, no Brasil não há investimentos governamentais que incentivem a utilização destas tecnologias no setor industrial, apesar de existirem discussões e iniciativas com base na inovação realizadas nos últimos anos. Na Alemanha, berço da Indústria 4.0, o governo federal alemão investiu 200 milhões de euros na implementação da Quarta Revolução Industrial no país, já nos Estados Unidos o investimento ocorreu de forma semelhante. Logo, para que o Brasil entre em concorrência com esses países nos quesitos de produtividade e exportação é preciso maiores investimentos do governo na área para incentivar mudanças (PACCHINI *et al.*, 2020).

Esta posição das indústrias brasileiras em relação ao mundo se destaca quando é percebido que muitas dessas não passaram ainda pela Terceira Revolução Industrial (GOMES, 2020). Isso demonstra o atraso do país em relação ao mundo e como ainda precisam ser introduzidas novas tecnologias antes da implementação da Indústria 4.0.

Em estudos realizados, Pacchini *et al.* (2020) afirmam que seus entrevistados apontaram barreiras para a implementação da I.4.0 no Brasil, entre diversas, as principais citadas estão a vulnerabilidade cibernética, a instabilidade no fornecimento de energia, a falta de investimento em tecnologias mais evoluídas e o grande número de operações manuais necessárias no processo de produção. Outras barreiras também foram mencionadas como desemprego, instabilidade econômica, falta de regulamentação de proteção de dados, falta de padronização nas comunicações das máquinas, descarte de maquinário antigo e falta de profissionalização de pessoas com base nas novas tecnologias (PACCHINI *et al.*, 2020).

Desse modo, a aplicação da Indústria 4.0 no setor industrial brasileiro não pode ser feita de qualquer maneira, pois necessita visualizar de formas diferentes como cada ferramenta se comportará dentro da Indústria, como será aplicada, e por quais modos. Outrossim, dois pontos extremamente necessários a serem pensados, são como aplicar estas ferramentas e tecnologias sem prejudicar o trabalho humano, e como fazer com que elas coexistam sem gerar uma crise de desempregos (PAULA; PAES, 2021).

5. Análise e Considerações Finais

Neste artigo, o objetivo consistiu em reunir informações sobre a Indústria 4.0 por intermédio da literatura disponível em periódicos, anais de eventos e livros. Compreendeu-se a Indústria 4.0 como uma nova Revolução Industrial que integra os ambientes físicos e digitais, ao conectar diversos maquinários por meio de ferramentas tecnológicas.

Assim, para conceituar a Quarta Revolução Industrial, foi preciso introduzir as tecnologias que a acompanham. Dentre as tecnologias abordadas, apresentou-se as mais comentadas em artigos científicos e livros, além disso, percebeu-se que as tecnologias supracitadas são consideradas essenciais para o funcionamento total de uma indústria digitalizada.

Com relação às tecnologias mais comuns a serem adotadas, destaca-se a *Internet Of Things* e os Sistemas CiberFísicos, visto que são tecnologias mais comuns de se encontrar em indústrias que estão adotando a Quarta Revolução Industrial. Outras tecnologias como *Big Data* e Nuvem de Dados são consideradas pela literatura como tecnologias habilitadoras, ou seja, com estas ferramentas a Indústria 4.0 funciona melhor e com menos erros.

Além dos pilares já citados há também a *Internet Of Services*, Fábrica Inteligente, Realidade Aumentada e Inteligência Artificial que fazem parte da grande pirâmide de tecnologias existentes dentro da Quarta Revolução Industrial. A aplicação destas ferramentas é um grande fator a ser discutido, devido aos seus impactos no mercado industrial.

Como supracitado, em relação à outros países, ainda há pouco investimento nesta área no Brasil, o que faz com que o país permaneça numa posição abaixo quando comparado com países como Alemanha e Estados Unidos. Ademais, o tempo investido nestas novas tecnologias e no avanço do setor industrial é muito maior nestes países, o que resulta em uma

maior vantagem dentro Mercado Industrial Global. Entretanto, é necessário observar as aplicações e os resultados obtidos no estrangeiro, para que assim, as falhas sejam consertadas e se obtenha melhor resultado quando aplicado dentro do contexto nacional.

Além disso, há um grande problema no país em relação a adaptação dos trabalhadores com essas novas tecnologias, pois muitos deles seriam substituídos por máquinas, o que faz com que estes tenham que criar novas competências para manter-se no setor industrial. Este fator é um dos mais delicados e complexos dentro desta nova revolução, pois a automação total de uma indústria, faria com que muitas pessoas perdessem suas funções dentro das fábricas, o que geraria uma onda de desempregos, consequentemente afetando a economia do país. Logo, seria necessário que estes operários passassem por uma nova qualificação, onde seriam instruídos de interdisciplinaridades de dentro do processo produtivo, como cooperar com as máquinas, entre outros. Entretanto, não é possível garantir que os funcionários consigam esta qualificação, pois este investimento pode não partir da indústria, e as pessoas também podem não ter recursos suficientes para isso. Para mais, é possível concluir que a Indústria 4.0 é um sistema complexo e promissor que necessita grandes investimentos e análises para ser aplicada.

Referências

- BAI, Chunguang *et al.* Industry 4.0 technologies assessment: a sustainability perspective. **International Journal Of Production Economics**, [S.L.], v. 229, n. 1, p. 1-15, nov. 2020. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0925527320301559?token=4A11AED35B64C4220B0588EE05722385B2316E7E00A18AC951ADA07B7D6AAC70DFBFCC60CF3BD5BA31C95AEF4D9211D8&originRegion=us-east-1&originCreation=20221031141249>. Acesso em: 31 out. 2022.
- BENDER, Ivaneu; CECCONELLO, Ivandro. Aplicações da Realidade Aumentada na Manufatura: uma revisão da literatura. **Scientia Cum Industria**, Caxias do Sul, v. 8, n. 2, p. 100-114, 07 out. 2020. Disponível em: <http://www.uces.br/etc/revistas/index.php/scientiacumindustria/article/view/9131>. Acesso em: 02 out. 2022.
- BFWuE - Bundesministerium Für Wirtschaft Und Energie. (2018). **Was ist Industrie 4.0?**. Disponível em: [Plattform Industrie 4.0 - O que é a Indústria 4.0? \(plattform-i40.de\)](https://www.plattform-i40.de). Acesso em: 24 out. 2022.
- BROZZI, Riccardo *et al.* The Advantages of Industry 4.0 Applications for Sustainability: results from a sample of manufacturing companies. **Sustainability**, Bolzano, v. 12, n. 9, p. 1-19, 1 maio 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/9/3647>. Acesso em: 31 out. 2022.
- BUXMANN, Peter; HESS, Thomas; RUGGABER, Rainer. Internet of Services. **Business & Information Systems Engineering**, [S.L.], v. 1, n. 5, p. 341-342, 24 set. 2009. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s12599-009-0066-z.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2022.



- CERUTI, Alessandro *et al.* Maintenance in aeronautics in an Industry 4.0 context: the role of augmented reality and additive manufacturing. **Journal Of Computational Design And Engineering**, [S.L.], v. 6, n. 4, p. 516-526, 4 fev. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2288430018302781>. Acesso em: 16 nov. 2022.
- CNI - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Indústria 4.0 Cinco Anos Depois**. Sondagem Especial n. 83. Brasília: CNI, 2022. 24p. Disponível em: https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/7d/d9/7dd92b31-8860-4ca7-b921-b28fec0a68bc/sondespecial_industria40_cincoanosdepois_abril2022.pdf. Acesso em: 17 out. 2022.
- COLOMBO, Jamires de Fátima; LUCCA FILHO, João de. Internet das Coisas (IoT) e a Indústria 4.0: revolucionando o mundo dos negócios. **Interface Tecnológica**, Taquaritinga, v. 15, n. 2, p. 72-85, 30 dez. 2018. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/496>. Acesso em: 26 set. 2022.
- DIAS, Renata Rampim de Freitas. **Internet das coisas sem mistérios: uma nova inteligência para os negócios**. São Paulo: Netpress Books, 2016.
- GERMANO, Aline Xavier dos Santos; MELLO, José André Villas Boas; MOTTA, Wladimir Henriques. Contribuição das tecnologias da indústria 4.0 para a sustentabilidade: uma revisão sistemática. **Palavra Chave**, La Plata, v. 11, n. 1, p. 1-16, 01 out. 2021. Disponível em: <https://www.palavraclave.fahce.unlp.edu.ar/article/view/pce142>. Acesso em: 27 set. 2022.
- GOMES, Maria Terezinha Serafim. A indústria de transformação no Brasil: o debate da desindustrialização e os desafios da indústria 4.0. **Entre-Lugar**, [S.L.], v. 11, n. 22, p. 139-168, 5 dez. 2020. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/entre-lugar/article/view/11609>. Acesso em: 21 nov. 2022.
- HERMANN, Mario; PENTEK, Tobias; OTTO, Boris. Design Principles for industrie 4.0 Scenarios. In: HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES, 49., 2016, Koloa. **Proceedings [...]**. Koloa: Ieee, 2016. p. 3928-3937. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7427673>. Acesso em: 03 out. 2022.
- LIMA, Faíque Ribeiro; GOMES, Rogério. Conceitos e tecnologias da Indústria 4.0: uma análise bibliométrica. **Revista Brasileira de Inovação**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 1-30, 28 dez. 2020. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rbi/article/view/8658766>. Acesso em: 19 set. 2022.
- LOZANO, Shary Caroline Pereira. **Indústria 4.0 e a Sustentabilidade**. 2019. 20 f. Monografia (Especialização) - Curso de Setor de Tecnologia, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019. Disponível em: <https://www.acervodigital.ufpr.br/handle/1884/70354>. Acesso em: 26 set. 2022.
- MALATHI, M.. Cloud Computing Concepts. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRONICS COMPUTER TECHNOLOGY, 3., 2011, Kanyakumari. **Anais [...]**Kanyakumari: Ieee, 2011. p. 236-239. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5942089/keywords#keywords>. Acesso em: 15 nov. 2022.

- PACCHINI, Athos Paulo Tadeu *et al.* Indústria 4.0: barreiras para implantação na indústria brasileira. **Exacta**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 278-292, 24 abr. 2020. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/exacta/article/view/10605>. Acesso em: 02 out. 2022.
- PAULA, Ana Paula Paes de; PAES, Kettle Duarte. Fordismo, pós-fordismo e ciberfordismo: os (des)caminhos da indústria 4.0. **Cadernos Ebape.Br**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 4, p. 1047-1058, 12 jul. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cebape/a/jdPSyBLskZhg6MBgfWKXBSF/?lang=pt>. Acesso em: 02 out. 2022.
- PARK, Sung Hyun *et al.* Building a new culture for quality management in the era of the Fourth Industrial Revolution. **Total Quality Management & Business Excellence**, [S.L.], v. 28, n. 9-10, p. 934-945, 10 abr. 2017. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14783363.2017.1310703?needAccess=true>. Acesso em: 15 nov. 2022.
- SENNA, Diego Augustus; RIBEIRO, Jurema Suely de Araújo Nery. A gestão do conhecimento na transformação digital para a Indústria 4.0: tecnologias digitais e suas aplicações em setores econômicos. **Exacta**, São Paulo, v. 20, n. 3, p. 1-23, 25 jun. 2021. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/exacta/article/view/18917>. Acesso em: 02 out. 2022.
- SILVA, Rafaela Carolina *et al.* O conceito de hibridismo para as empresas que estão se adequando à Indústria 4.0. **Incid: Revista de Ciência da Informação e Documentação**, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 82-100, 29 dez. 2020. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/incid/article/view/165594>. Acesso em: 27 set. 2022.
- SILVA, Vander Luis da; KOVALEVSKI, João Luiz; PAGANI, Regina Negri. Competências bases para o trabalho humano na Indústria 4.0. **Revista Foco**, Curitiba, v. 12, n. 2, p. 112-129, jul. 2019. Disponível em: <https://revistafoco.emnuvens.com.br/foco/article/view/37>. Acesso em: 02 out. 2022.
- SILVA, Vander Luiz da; KOVALESKI, João Luiz; PAGANI, Regina Negri. Influências do conceito e das tecnologias da indústria 4.0 no ambiente industrial. **Exacta**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 420-437, 24 abr. 2020. University Nove de Julho. <http://dx.doi.org/10.5585/exactaep.v18n2.10487>. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/exacta/issue/view/844>. Acesso em: 27 set. 2022.
- SCHWAB, Klaus. **The Fourth Industrial Revolution**. Genebra: Crown Business New York, 2017. 192 p.
- VARELA, Leonilde *et al.* Evaluation of the Relation between Lean Manufacturing, Industry 4.0, and Sustainability. **Sustainability**, [S.L.], v. 11, n. 5, p. 1439, 8 mar. 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/5/1439>. Acesso em: 31 out. 2022.
- YAMADA, Viviane Yukari; MARTINS, Luís Marcelo. Indústria 4.0: um comparativo da indústria brasileira perante o mundo. **Revista Terra & Cultura**, Londrina, v. 34, n. , p. 95-109, 02 abr. 2019. Disponível em: <http://periodicos.unifil.br/index.php/Revistateste/article/view/1011>. Acesso em: 03 out. 2022.

Influência dos materiais na autoadensabilidade do solo-cimento com adição de fibras sintéticas.

Influence of materials on the self-compactness of soil-cement with the addition of synthetic fibers.

Ana Paula da Silva Milani, Dr^a, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS.

ana.milani@ufms.br

Robson Raruo Nagata, Bel. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS.

robson.nagata@ufms.br

Resumo

Há a necessidade de projetos mais amigáveis ecologicamente e a aplicação de materiais com menor impacto ambiental neste quesito, sendo então um candidato tecnicamente viável o solo-cimento autoadensável incorporado de aditivo químico e fibras sintéticas (SCAAF). Assim, foi realizado o estudo para a predição de dosagens de misturas compostas por solo, cimento, microfibras de polipropileno, aditivo superplastificante e água; que possam ser aplicadas sem a necessidade de adensamento mecânico para conformação de peças monolíticas de terra. Os resultados mostraram que dosagens de SCAAF com o traço 1:5 (cimento:solo, em massa); o teor de aditivo superplastificante entre 0,8% a 1,2%; o fator água/solo entre 31,00% a 34,75% e a adição de fibras entre 0,06% e 0,10% é uma alternativa viável sob os aspectos de uso de material de baixa energia incorporada, bom desempenho mecânico e potencial aplicação em diversidade de formas pela sua capacidade de autoadensabilidade.

Palavras-chave: Construção com terra; Fluidiez; Microfibra de polipropileno; Superplastificante.

Abstract

There is a need for more ecologically friendly projects and the application of materials with lower environmental impact in this regard, being then a technically feasible candidate, the self-compacting soil-cement incorporated with chemical additive and synthetic fibers (SCAAF). Thus, a study was conducted to predict the dosage of mixtures composed of soil, cement, polypropylene microfibers, superplasticizer additive and water, which can be applied without the need for mechanical densification to form monolithic earth pieces. The results showed that SCAAF mixtures with 1:5 ratio (cement:soil, by mass); the superplasticizer content between 0.8% and 1.2%; the water/soil factor between 31.00% and 34.75% and the addition of fibers between 0.06% and 0.10% is a viable

alternative under the aspects of use of low embodied energy material, good mechanical performance and potential application in diversity of forms due to its self-compacting capacity.

Keywords: Earth construction; Fluidity; Polypropylene microfiber; Superplasticizer.

1. Introdução

Mesmo que por um lado os avanços tecnológicos no setor da construção civil decorram do aceleramento da degradação do meio ambiente, por outro lado, os mesmos também possibilitaram o desenvolvimento social e ideológico; meios onde se constatou que a perpetuação da humanidade depende diretamente da conservação do meio ambiente ao qual é também parte integrante, e isto leva a buscas de materiais ambientalmente mais sustentáveis como menores impactos ambientais, como, por exemplo, o emprego da terra como material de construção (CALDAS, 2021).

A abundância do solo ao longo de quase a totalidade de áreas habitadas pelos seres humanos, o baixo, ou até mesmo inexistente grau de processamento para sua aplicação como material de construção; e ainda a possibilidade de reúso da matéria-prima demonstram o potencial de emprego, existindo a necessidade de estudos, desenvolvimento e melhoramento de técnicas construtivas para a sua adoção como alternativa viável, não somente ambiental, mas também estrutural, econômica e social.

É importante, no entanto, ressaltar que mesmo com a seleção do solo e execução de uma compactação adequada, construções com terra ainda apresentarão limitações e grande suscetibilidade a manifestações patológicas como fissuras, trincas e desconsolidação da matriz, principalmente quando sob efeito de esforços de tração, devido à sua característica frágil, não sendo totalmente corrigido com as adições mais comumente utilizadas, como os aglomerantes de cal e cimento, devido à característica da matriz formada por estas adições também apresentar fragilidade.

Quanto ao caráter executivo, as utilizações de solo como material de construção mais comuns se baseiam na pré-fabricação de adobes ou blocos de terra comprimida, os quais serão consolidados posteriormente com o auxílio de argamassas; e de sistemas construtivos moldados *in loco* como a taipa de pilão e a taipa de mão (CRISTELO et al. 2012).

Recentemente com a publicação da norma Taipa de pilão - NBR 17014 (ABNT, 2022) foram instituídos requisitos mínimos técnicos e construtivos para garantir a segurança da execução destas estruturas à base de solo, sendo essa estrutura monolítica, dependente diretamente da energia de compactação aplicada ao material, refletindo em sistema de formas robusto para conter as pressões horizontais, como também restringir o deslocamento horizontal no processo de compactação da terra.

Neste contexto, é possível afirmar que um avanço deste tipo de sistema construtivo pode se desenvolver pelo viés da concepção de um material com maior resistência mecânica, estabilidade física e eficácia de produção, sendo candidato viável para a execução de paredes monolíticas de solo-cimento a substituição da compactação pelo lançamento sem