



ConBRepro

XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

I CIGELUBRA

Congresso Internacional de Gestão e Engenharia Luso-Brasileiro

04 a 06 de dezembro de 2024

Energias Limpas nas Engenharias

Industria 5.0 – Uma pesquisa bibliográfica das necessidades sociais e humanas em sua aplicação.

Luis Fernando Bochnia

Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção – UTFPR

Dra. Joseane Pontes

Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção – UTFPR

Resumo: Este estudo apresentará através de uma análise bibliográfica um breve resumo desta enorme transformação que está acontecendo no nosso meio industrial, uma revolução que promete estruturar e balancear o que precisamos para atender nossas necessidades básicas relacionadas a produção em larga escala de produtos e a necessidade cada vez mais emergente de cuidar do nosso planeta, transformando uma indústria suja em um processo que garanta a sustentabilidade e possua resiliência para se adaptar as mudanças que estão ocorrendo, porém o que precisamos fazer para conseguir alcançar estes objetivos quais são as limitações que precisamos superar e o que precisamos aprender para construir uma nova geração da cadeia produtiva. Este trabalho se baseou na pesquisa bibliográfica cada vez mais necessária sobre o tema, de forma a entendermos os principais pontos para nossa evolução.

Palavras-chave: Industria 5.0, Centralidade humana e Transformação digital.

Abstract: This study will present a summary of the enormous transformation currently happening in our industrial environment through a bibliographic analysis. It is a revolution that promises to structure and balance what we need to meet our basic needs related to the large-scale production of goods and the increasingly urgent necessity to care for our planet. This involves transforming a polluting industry into a process that ensures sustainability and possesses the resilience to adapt to the changes occurring. However, what do we need to do to achieve these goals? What are the limitations we must overcome, and what do we need to learn to build a new generation of the production chain? This work is based on the increasingly necessary bibliographic research on the subject, aiming to understand the key points for our evolution.

Key words: Industry 5.0, Human-Centricity, and Digital Transformation

1. Introdução

Segundo cita Navahandi (2019), o começo dos processos industriais partem da primeira revolução industrial 1780, com a implementação da energia a vapor na cadeia produtiva, na segunda com a utilização da eletricidade na cadeia produtiva em massa em 1870, e na terceira, em 1970, com a informatização do processo produtivo e por sequência na revolução quarta revolução com a utilização da internet das coisa e na customização em massa da produção, Brenque (2021) diz que a indústria 5.0 será definida por uma finalidade refundada e ampliada, indo além da produção de bens e serviços com fins lucrativos que estão definidos em três direcionais centrais: centralidade humana, sustentabilidade e

resiliência. A indústria 5.0, LU (2022), tem o poder para alcançar objetivos sociais além do emprego e do crescimento, tornando-se um provedor de prosperidade resiliente, evitando que a produção perca os limites do nosso planeta e focando principalmente no bem-estar do trabalhador na entrada do processo de produção, a Indústria 5.0 tem a habilidade de promover empregos mais qualificados se comparados com a Indústria 4.0 Maddikunta (2022). O foco da revolução na indústria 4.0, é concentrada na otimização dos processos produtivos em massa para o meio do aprendizado da máquina desenvolvendo a inteligência entre dispositivos e aplicativos, sendo que na indústria 5.0 é focado na criatividade humana, criando maquinário mais forte, inteligente e preciso Maddikunta (2022). O objetivo da I 5.0 é criar formas de se trabalhar colaborativamente focado na melhoria da eficiência produtiva da indústria para encontrar maneiras de trabalhar em conjunto com o objetivo de melhorar a eficiência da produção Cojacariu (2021).

Na tabela abaixo temos as principais características entre a Indústria 4.0 e a indústria 5.0 onde fica evidente o foco de cada revolução conforme demonstrado por Renda (2022):

Tabela 1: Diferenças entre as revoluções industriais 4.0 e 5.0

Indústria 4.0	Indústria 5.0
— Centralizada em torno da melhoria de eficiência através da conexão digital e pela inteligência artificial — Tecnologia centrada em torno dos objetivos emergentes da Cyber – físico. — Alinhado com a otimização dos modelos de negócio existentes, a dinâmica do mercado de capitais e os modelos econômicos, em resumo através da redução de custos e potencialização dos lucros para os acionistas. — Não possui foco no design, dimensões e desempenho que são essenciais para o uso correto dos recursos, causando um maior impacto ambiental.	— Garantir uma estrutura para o setor industrial onde combina a competitividade e sustentabilidade, permitindo que a indústria possa realizar seu potencial como um agente de mudança. — Enfatizar os impactos alternativos dos modelos de governança para sustentabilidade de resiliência; — Empoderar os trabalhadores através do uso de aparelhos digitais, endossando a centralização humana pela abordagem tecnológica. — Constrói os meios de transição utilizando a tecnologia para usos ambientalmente sustentáveis. — Expande o alcance da corporação com responsabilidade pelos seus valores correntes. — Utiliza indicadores que mostram os ecossistemas industriais, os progressos alcançados no caminho para o bem-estar e resiliência.

Fonte: Adaptado de Renda (2024)

O objetivo deste artigo é apresentar as principais características desta nova revolução industrial, seus benefícios e quais são as necessidades para as aplicações da I5.0 no cotidiano da sociedade.

A metodologia utilizada foi a pesquisa bibliográfica através da leitura de artigos acadêmicos e periódicos.

2. Metodologia

A metodologia utilizada foi a análise bibliométrica dos artigos e periódicos, os artigos foram limitados em artigos, artigos de revisão e papéis de conferências em relação a temática de publicação, os artigos ficaram restritos as áreas de engenharia, computação, negócios, gerenciamento e contabilidade. Foram utilizadas as bases de pesquisa Scopus e Science direct, as palavras chaves buscadas foram ("Industry 5.0"OR"industrie 5.0"or"I5.0"or"fifth revolution")and"competences"and"transformation"and"human-centric"and"digital transformation"and"technological transformation", no entanto devido ainda não haver bases relevantes que unifiquem os termos de pesquisa, optou-se pelo uso de outro método para a análise das bases, os termos foram particionados evidenciando uma margem grande de pesquisas que ainda podem ser realizadas sobre os termos de pesquisa.

Tabela 2: Lista de palavras de pesquisa

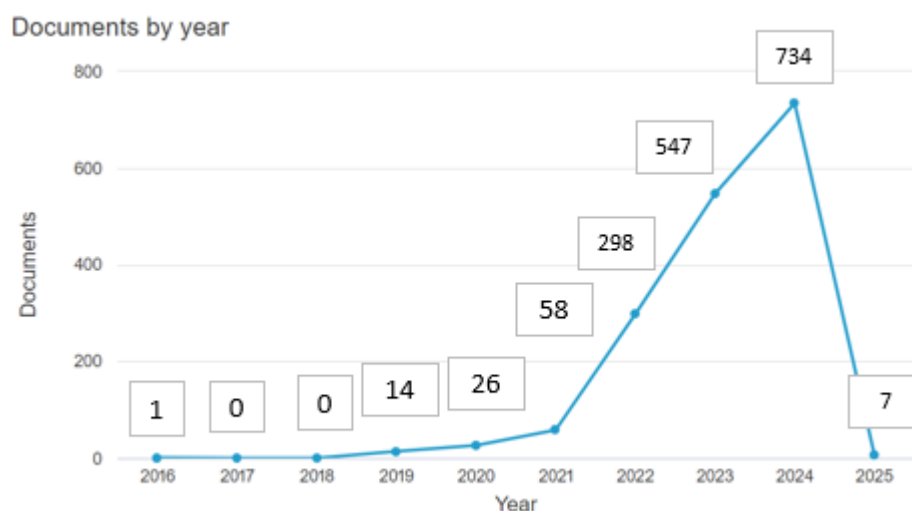
Palavras de busca	Scopus	Science Direct	Total
"Industry 5.0" OR "industrie 5.0"	1685	1238	2921
"Industry 5.0" and "Human-centric"	32	84	116
"Industry 5.0" and "AI"	37	130	167
"Industry 5.0" and "Competences"	11	36	47
		Total	3251

Fonte: Autor (2024)

Na tabela 2 é possível verificar os retornos de cada resultado de pesquisa por palavra-chave de pesquisa. O processo de análise dos artigos se baseou nos termos de pesquisa "Industry 5.0" e "Industrie 5.0" nestes termos os artigos analisados com os outros termos já estão inseridos. Na realização das análises dos artigos, foi utilizada a base scopus como referência de análise por compor uma gama maior de bases e os artigos dentro do Science Direct estarem inseridos nela.

Na figura 1, em relação ao ano de publicação, os periódicos foram delimitados em período a partir de 2014 até 2024, com um total de 1686 artigos, foram os seguintes:

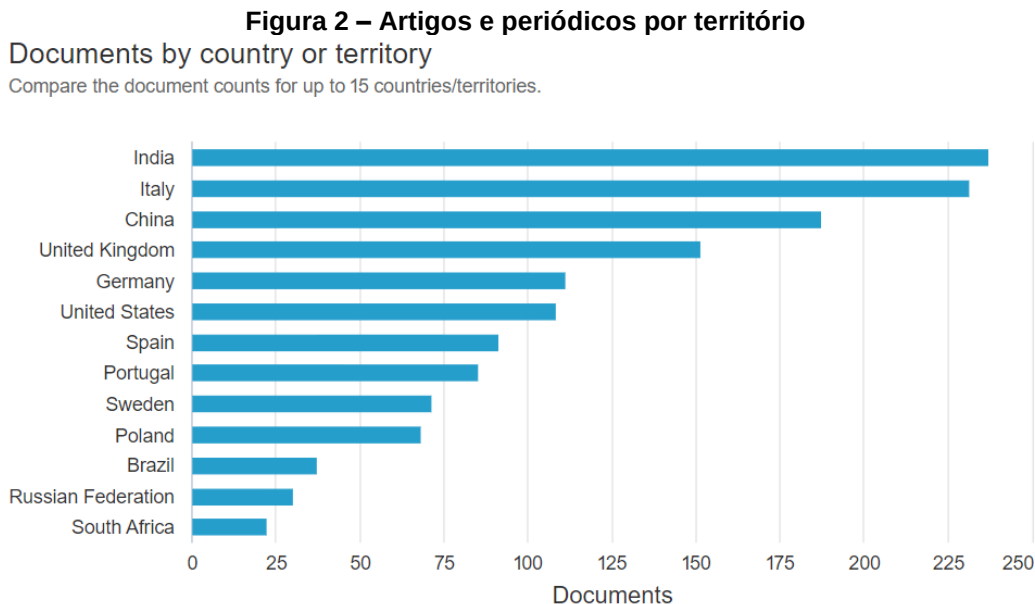
Figura 1 – Artigos e periódicos por ano de publicação



Fonte: Pesquisa de resultados na Scopus (2024)

Na figura 1 é possível perceber que do total de 1685 artigos, 734 deles, ou seja, 44% são do ano de 2024 e somados os últimos 3 anos, temos um total de 1579 artigos e 94% de todas as publicações, representando que o tema está evoluindo cada vez mais desde que foi citado pela primeira vez em 2016.

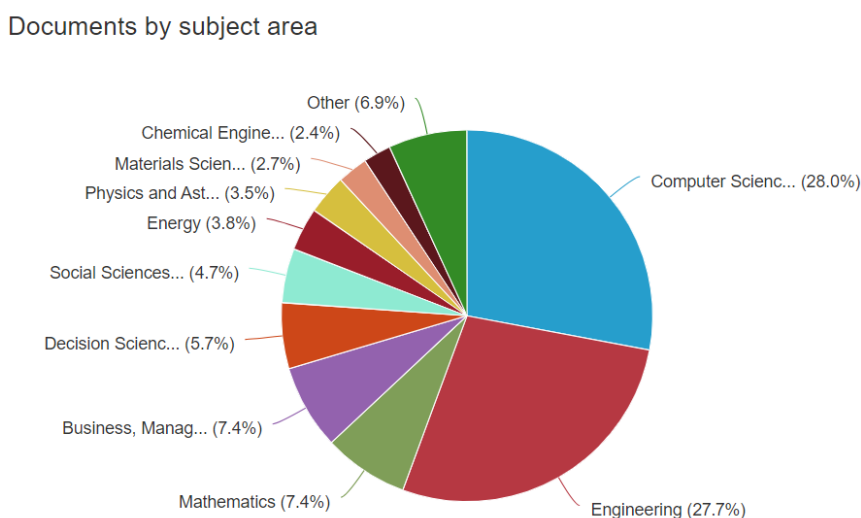
Na figura 2 temos a distribuição dos artigos por país de origem.



Fonte: Autor 2024

É possível verificar que os países de origem das publicações encontradas na base scopus, China, Itália e Índia, despontam na frente nas pesquisas científicas representando quase 40% de todas as outras origens das publicações. O Brasil de um total de 1685 artigos retornados das bases de análise representa apenas 1% dos trabalhos. Complementando a metodologia usada na figura 3 é possível verificar as temáticas das pesquisas científicas publicadas.

Figura 3 – Documentos por área de submissão



Fonte Autor (2024)

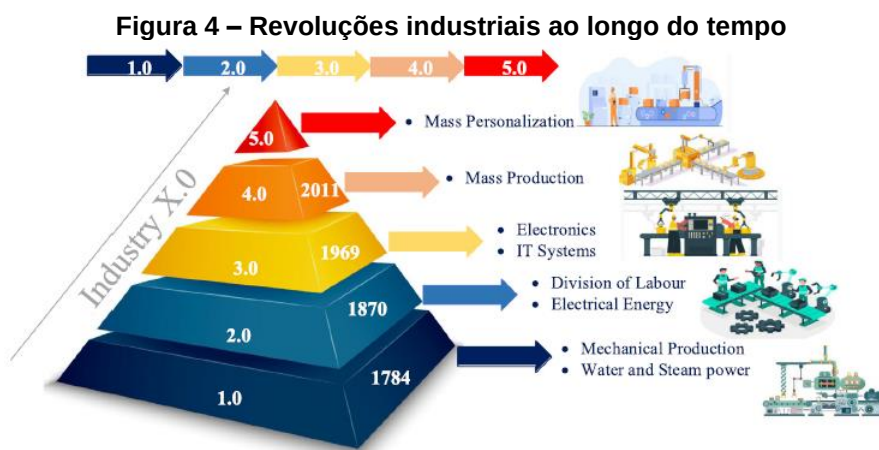
As áreas de engenharia e computação são as maiores fonte de dados dos artigos pesquisados, mais de 50% dos artigos provem destas fontes. A temática da Indústria 5.0 ainda esta muito vinculada à área de tecnologia de desenvolvimento.

3. Referencial Teórico

- O que é a indústria 5.0 e qual a sua origem?

Para contextualizar a indústria 5.0 precisamos falar primeiro da sua revolução precursora, a indústria 4.0, Nahavandi (2019), trata-se da automatização de processos produtivos e da informatização da cadeia de produção com tecnologias de ponta de maneira distribuída e inteligente, no entanto seu único foco é melhorar a eficiência do processo e dessa forma ignora inadvertidamente o custo humano resultante da otimização dos processos. A indústria 4.0 é guiada pela transformação tecnológica Xu (2021) e para conseguir uma alta produtividade e eficiência com alta tecnologia agregada onde os robôs são altamente engajados na produção em larga escala, Maddikunta (2022). Já na indústria 5.0 Sindhvani (2022) esta fase é focada no bem-estar humano e na ação colaborativa entre pessoas e tecnologia. Navahandi (2019) comenta que a indústria 5.0 é o meio para se obter maior foco e ações para uma melhoria nos processos sustentáveis.

As três primeiras revoluções industriais tiveram um lapso temporal de quase 200 anos para acontecerem, no entanto, as duas últimas menos de 2 décadas que segundo Sindhvani (2022). A jornada entre as revoluções que a nossa sociedade já passou diferem no tipo de tecnologia envolvida representado na figura 4 produzida por Maddikunta (2022):



Fonte: Maddikunta, et al. (2022)

Segundo Renda (2022) a indústria 5.0 é um modelo que se afasta primariamente do foco no acionista e da produção para o lucro e prioriza o capital humano que para Breque (2021) é um potencial para derrubar as barreiras entre o mundo virtual e o mundo real. Ainda segundo Breque (2021) o conceito de indústria 5.0 foi discutido inicialmente em dois workshops virtuais em julho de 2020, e era consenso que esta nova ideia deveria integrar melhor as prioridades sociais e ambientais. A indústria precisa de uma mudança profunda na descarbonização em prol da sobrevivência das empresas perante a novos princípios sustentáveis, porém é necessária uma melhor eficiência na relação entre concorrentes internacionais para sejam criados princípios melhores de design para a resiliência, renovação e regeneração de recursos.

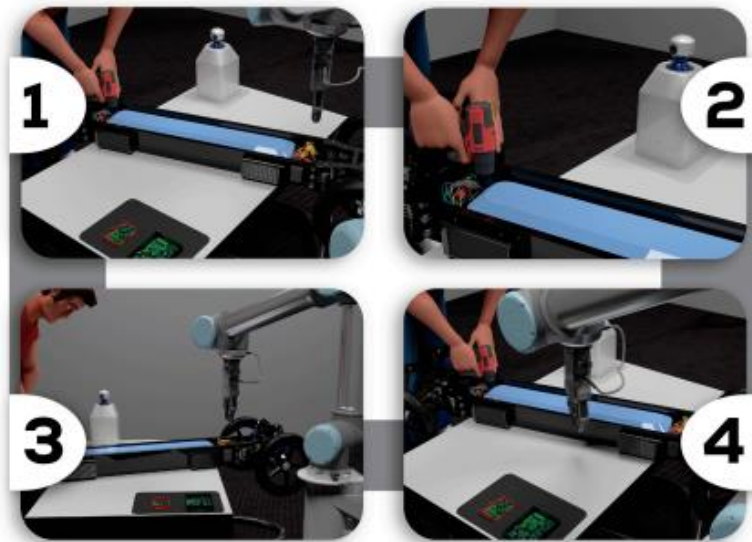
Outro ponto que fez com que se houvesse a ascensão e um novo conceito de indústria foi o surgimento da COVID-19 que segundo Carayannis (2021) a pandemia acelerou tanto o desenvolvimento de uma indústria verde e digital que segundo Breque (2021) a pandemia fez com que se acelerasse a necessidade de repensar o modelo de

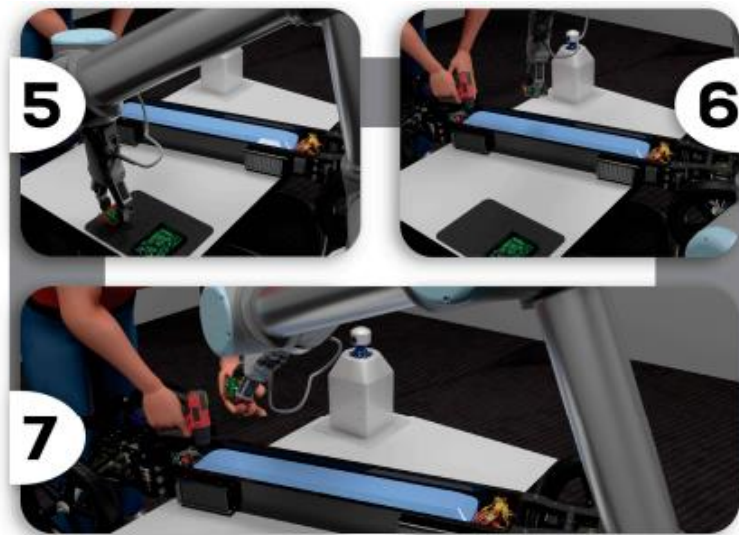
trabalho atual e fez com que presenciássemos vulnerabilidades no setor produtivo, sobrecarregando a necessidade de encontrar soluções flexíveis e robustas.

- Qual a ligação entre Indústria 5.0 e Sociedade 5.0?

As principais características que definem as duas terminologias são descritas por algumas definições, Brenque (2021) define que os conceitos de Sociedade 5.0 e Indústria 5.0 são relacionados de forma que ambos se referem-se basicamente a uma mudança na nossa sociedade e economia para um novo paradigma, Carayannis (2021), complementa que a sociedade 5.0 é guiada pela inovação de forma a promover a convergência entre a inteligência artificial e a cyber robótica, de forma a melhorar a qualidade de vida da sociedade. Roblek (2021) ainda comenta que na sociedade 5.0 os indivíduos se beneficiarão por viverem em cidades e centros urbanos *smarts* (inteligentes), onde poderão trabalhar e aproveitar as vantagens de um conceito de vivência inteligente. Ademais a tudo que foi falado a sociedade 5.0, conforme Breque (2021) não é somente em relação ao setor de manufatura das indústrias, mas um equilíbrio na resolução de problemas sociais e ambientais a sociedade 5.0 absorve os benefícios das IAs (inteligências artificiais), Internets das coisas, robótica, inteligência artificial e realidade aumentada, que são muito utilizadas na saúde, indústria e em diferentes esferas da sociedade não apenas para benefício econômico, mas para o bem estar humano. Em resumo Carayannis (2021), a sociedade 5.0 fornece uma infraestrutura voltada para a prosperidade da sociedade com base em alta tecnologia empregada, resultando em vários benefícios sociais, otimizando o bem-estar social. Navandi (2019), demonstra a forma de interação homem-máquina trazendo uma maior eficiência no processo produtivo, o que exemplifica um dos avanços tecnológicos que a indústria 5.0 está trazendo para a sociedade.

Figura 5 – Exemplo de interação e aprendizado homem-máquina





Fonte: Navahandi (2019)

Dados explicativos da figura acima:

Quadro 01 – Robô analisa o que o humano está fazendo;

Quadro 02 – Robô entende a intenção humana;

Quadro 03 e 04 – Robô começa a pegar peças e trazer para o humano Auxiliando;

Quadro 05 e 06 – Robô pega as peças de interesse do humano;

Quadro 07 – Robô entrega as peças e o humano as usa.

- Indústria 5.0 e a Centralização do Ser Humano

Para Carayannis (2021) a inovação social tem base nas inovações abertas e se insere no entendimento do desenvolvimento endógeno regional, as pessoas seus conhecimentos e competências são a chave para o desenvolvimento. Assume-se que o progresso é de caráter endógeno e o papel de um determinado fator que leva ao aumento da produtividade de outros recursos é atribuído ao capital humano e ao conhecimento. Breque (2021) comenta que um pré-requisito na indústria 5.0 é que a tecnologia é o meio de que as pessoas tem para serem servidas e não que as pessoas sejam as serviçais da indústria, no contexto industrial o processo produtivo é adaptado a cada necessidade humana respeitando a sua diversidade, sendo que o trabalhador não precise ficar se ajustando as demandas da indústria, o trabalhador é empoderado fazendo o meio em que ele atua seja inclusivo. Porém para que isso ocorra os trabalhadores devem estar envolvidos desde a concepção até a implementação das tecnologias, incluindo a robótica e a inteligência artificial.

Para Lu (2022) o processo de fabricação deve ser centralizado no ser humano para que seja um requisito inicial pra aumentar a flexibilidade, serem mais ágeis e competitivas perante os novos desafios sociais. A ideia principal na centralidade humana na I5.0 é que os humanos não sejam subservientes as máquinas e a automação, mas que trabalhem de forma integrada e as máquinas sirvam ao propósito produtivo.

Partindo desta ideia surge o termo *cobots* que segundo Nahavandi (2019), os cobots são robôs colaborativos e estarão cientes da colaboração humana, onde eles não apenas saberão da presença do operador, mas que aprenderão com ele e cuidarão da segurança, dessa forma eles não apenas aprenderão a tarefa da mesma forma que um aprendiz e executarão as atividades e aplicação, fazendo com que o operador que esta ao

lado de um cobot se sinta mais satisfeito e seguro para a realização das tarefas produtivas. Lu (2021) descreve essa transformação homem-máquina como 5C's, Coexistência, Cooperação, Colaboração, Compaixão e Coevolução.

Visto isso Navahandi (2019) cita a criação de uma nova função nas futuras fabricas, o CRO (Chief Robotics Officer, que em tradução literal seria a de Diretor de robótica), o qual seria de responsabilidade dele tomar as decisões em relação ao maquinário robótico, implementação e alteração pensando na melhor eficiência produtiva para a obtenção de resultados, os CRO's estarão melhor adaptados as tecnologias e aplicações dos robôs nas cadeias produtivas gerando um maior impacto no processo o que acabará melhorando também a sustentabilidade humana, reduzindo a poluição e preservação da terra.

- O que precisamos fazer para alcançarmos uma indústria 5.0?

Renda (2022) comenta que para garantir na sociedade que a indústria seja uma das bases e que possa ser sustentável, protegendo a natureza e garantindo sua regeneração e para que não seja um fato ameaçador ela demanda mudanças radicais sobre o governo, estado e uma interação entre o ambiente privado e estatal. Novas políticas parcerias e objetivos são requeridos, pois, afetam diretamente a indústria. Também é necessária uma abordagem de portfólio para os projetos de pesquisa e inovação e ter disposição assumindo os riscos informados, as mudanças precisam ser ágeis e ter fluidez dos recursos para que possam ser realocados quando necessário, é necessário que se tenha a capacidade de os processos e áreas políticas e também níveis de governança de uma maneira que seja eficiente, para os usuários e cidadãos, resumindo para uma indústria 5.0 é necessário um governo 5.0. Para Navahandi (2019) Um processo de inovação é resultado de atividades que cooperativas, redes, clusters e valores que são indispensáveis para a sua criação para se fazer o gerenciamento de inovações as empresas recorrem a empresas de certificação, porém na nova estrutura não é somente isso que é importante, é necessário uma nova forma de abordagem bem como na confiança mútua e também uma união entre os órgãos intermediários que agrupam diferentes setores, culturas, indústrias e especializações. As relações de parceria norteiam o processo de inovação, sendo um processo mais eficiente e dependem da eficácia dos órgãos públicos que os financiam.

Outro ponto relevante para alcançarmos os objetivos de implementação de uma indústria 5.0 são as habilidades que as pessoas precisam ter para tal, Renda (2022) comenta que precisa existir uma união entre os ambientes privados e públicos para gerar mão de obra qualificada para a Indústria 5.0, pois ela demanda diferentes habilidades que serão um desafio para a sociedade, Breque (2021), enfatiza que mais de 70% dos jovens acredita que não treinados o suficiente para a nova demanda que a I 5.0 necessita, porém que as habilidades digitais não são as únicas habilidades necessárias na nova geração industrial, pois como ele cita, na verdade são apenas 4 dentro de 10 levantadas pelo Fórum Mundial de Manufatura, as quatro habilidades digitais são, Literatura Digital, Inteligência artificial e análise de dados, Cyber segurança e trabalhar com novas tecnologias, já as não digitais, solução de criativa de problemas, pensamento empreendedor, eficiência e segurança, habilidade Inter cultural e diversidade, Comunicação efetiva, lidar com aumento de complexidade e resiliência. Chin (2021) adiciona as habilidades comportamentais também a inteligência emocional, como uma forma efetiva de ajudar a resolver problemas complexos e até na solução de problemas com robôs. Ainda segundo Chin (2021), essas capacidades são a forma de obter resultados.

4. Resultados

Através da pesquisa acima pode-se verificar que a indústria 5.0 em seu nascimento trás diversos desafios para a sociedade mundial, pois traz uma junção clara entre as necessidades cada vez mais volumosas de uma sociedade em crescimento e a

obrigatoriedade de mantermos nosso planeta saudável, Breque (2021) afirma que a descarbonização da indústria é imperativo para a sobrevivência da sociedade, isso afirma cada vez mais que precisamos nos reinventar. Conforme observado no trabalho acima, para que possamos alcançar tudo isso, precisamos além de alterações significativas na cadeia produtiva, é necessário que tenhamos pessoas capazes de aplicar estes processos e estarem aptas e treinadas para isso, ademais precisamos também de uma preocupação maior dos órgãos públicos e investimentos nas áreas industriais.

5. Conclusões

Observa-se que pelo exposto acima que a Indústria 5.0 é uma nova revolução na forma de como vemos o processo de transformação dos materiais e que a cooperação entre homem-máquina está cada vez mais atrelada ao resultado e o benefício social.

O objetivo da pesquisa foi demonstrar que não apenas necessário ter conhecimentos tecnológicos avançados para se estar aptos para a nova revolução, não se trata apenas de um aprendizado *Hight-tech* (alta tecnologia), mas também na forma como são abordados os conceitos de indústria, é muito mais necessário habilidades gerenciais, pessoais e cognitivas. Precisamos aprender a trabalhar de forma colaborativa com a robótica, otimizando os trabalhos e reduzindo os desperdícios, não temos mais tempo para aguardar novas revoluções, nosso planeta sofre com as emissões absurdas de dejetos, gás carbônico e desmatamento.

Através de uma pesquisa bibliográfica ficou evidenciado que é necessário compreender como iremos tratar a indústria 5.0, quais as necessidades que ela demanda para sua correta funcionalidade e eficiência, no entanto o campo de pesquisa em cima das tecnologias, processos gerenciais e entendimento precisa ser mais estudado e aprofundado. Também precisamos entender melhor como aplicar as habilidades comportamentais na evolução da sociedade presando pela integridade do nosso planeta e gerando benefícios além do consumo indiscriminado.

Referências

Carayannis, E.G., Draper, J. & Bhaneja, B. Towards Fusion Energy in the Industry 5.0 and Society 5.0 Context: Call for a Global Commission for Urgent Action on Fusion Energy. *J Knowl Econ* 12, 1891–1904 (2021). <https://doi.org/10.1007/s13132-020-00695-5>

Carayannis, E.G., Draper, J. & Bhaneja, B. Towards Fusion Energy in the Industry 5.0 and Society 5.0 Context: Call for a Global Commission for Urgent Action on Fusion Energy. *J Knowl Econ* 12, 1891–1904 (2021). <https://doi.org/10.1007/s13132-020-00695-5>

CHIN, Susan Tee Suan. Influence of Emotional Intelligence on the Workforce for Industry 5.0. *Journal Of Human Resources Management Research*, [S.L.], p. 1-7, 24 set. 2021. IBIMA Publishing. <http://dx.doi.org/10.5171/2021.882278>.

Cojocariu, O (2021) Industry 5.0 opportunities and challenges: bring your factory into the future. *Digitaya*. (Retrieved from <https://digitalya.co/blog/industry-5-opportunities-and-challenges/>). Pesquisado em 18 de julho, 2022)

European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, Breque, M., De Nul, L., Petridis, A., *Industry 5.0 : towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*, Publications Office, 2021, <https://data.europa.eu/doi/10.2777/308407>

European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, Renda, A., Schwaag Serger, S., Tataj, D., et al., *Industry 5.0, a transformative vision*

for Europe : governing systemic transformations towards a sustainable industry, Publications Office of the European Union, 2022, <https://data.europa.eu/doi/10.2777/17322>

LU, Yuqian; ZHENG, Hao; CHAND, Saahil; XIA, Wanqing; LIU, Zengkun; XU, Xun; WANG, Lihui; QIN, Zhaojun; BAO, Jinsong. Outlook on human-centric manufacturing towards Industry 5.0. **Journal Of Manufacturing Systems**, [S.L.], v. 62, p. 612-627, jan. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.02.001>.

MADDIKUNTA, Praveen Kumar Reddy; PHAM, Quoc-Viet; B, Prabadevi; DEEPA, N; DEV, Kapal; GADEKALLU, Thippa Reddy; RUBY, Rukhsana; LIYANAGE, Madhusanka. Industry 5.0: a survey on enabling technologies and potential applications. **Journal Of Industrial Information Integration**, [S.L.], v. 26, p. 100257, mar. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jii.2021.100257>.

Nahavandi, Saeid. Industry 5.0—A Human-Centric Solution. *Sustainability*, [S.L.], v. 11, n. 16, p. 4371, 13 ago. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su11164371>

ROBLEK, Vasja; MELKO, Maja; PODBREGAR, Iztok. Mapping of the Emergence of Society 5.0: a bibliometric analysis. *Organizacija*, [S.L.], v. 54, n. 4, p. 293-305, 1 dez. 2021. Walter de Gruyter GmbH. <http://dx.doi.org/10.2478/orga-2021-0020>

SINDHWANI, Rahul; AFRIDI, Shayan; KUMAR, Anil; BANAITIS, Audrius; LUTHRA, Sunil; SINGH, Punj Lata. Can industry 5.0 revolutionize the wave of resilience and social value creation? A multi-criteria framework to analyze enablers. *Technology In Society*, [S.L.], v. 68, p. 101887, fev. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101887>

XU, Xun; LU, Yuqian; VOGEL-HEUSER, Birgit; WANG, Lihui. Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception. *Journal Of Manufacturing Systems*, [S.L.], v. 61, p. 530-535, out. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006>.