



Indústria 5.0: desafios gerenciais do novo cenário de trabalho colaborativo humano-robô

Industry 5.0: management challenges of the new collaborative human-robot scenario

(Josiano Cesar de Sousa - Universidade do Vale do Rio dos Sinos
josianocesar@hotmail.com)

Resumo

Indústria 5.0 é o termo recentemente empregado na literatura para discutir as novas tendências da fábrica do futuro, onde humanos e robôs compartilharão, de forma colaborativa, o mesmo ambiente de trabalho. Por tratar-se de uma discussão recente, lacunas teóricas apontam a necessidade de aprofundar as discussões sobre esse novo ambiente. Frente a este cenário emerge uma questão de pesquisa: Quais os desafios gerenciais do novo cenário do trabalho colaborativo humano-robô na Indústria 5.0? O presente artigo foi elaborado com o objetivo de apresentar os principais desafios gerenciais para o trabalho colaborativo humano-robô no novo cenário da Indústria 5.0. Utilizou-se uma abordagem qualitativa, por meio de um estudo exploratório, através do método dedutivo, com procedimento e técnicas de pesquisa bibliográfica. Como resultado, foi elaborado um framework conceitual apresentando os principais desafios gerenciais no ambiente da indústria 5.0, além de apresentar contribuições acadêmicas e gerenciais. As implicações práticas residem na necessidade de os gestores conhecerem e as adaptarem a esse novo cenário de desafios gerenciais. Ao final são apresentadas as limitações e recomendações para a realização de futuras pesquisas.

Palavras-chaves: Indústria 5.0, Trabalho colaborativo, Desafios gerenciais.

Abstract

Industry 5.0 is the term recently used in the literature to discuss new trends in the factory of the future, where humans and robots will collaboratively share the same work environment. As this is a recent discussion, theoretical gaps point to the need to deepen discussions about this new environment. Faced with this scenario, a research question emerges: What are the management challenges of the new scenario of collaborative human-robot work in Industry 5.0? This article was prepared with the aim of presenting the main management challenges for human-robot collaborative work in the new scenario of Industry 5.0. A qualitative approach was used, through an exploratory study, through the deductive method, with procedures and techniques of bibliographical research. As a result, a conceptual framework was developed presenting the main management challenges in the industry 5.0 environment, in addition to presenting academic and managerial contributions. At the end, limitations and recommendations for future research are presented.

Keywords: Industry 5.0, Collaborative work, Management challenges.

Recebido em 03/03/2024

Revisado em 08/04/2024

Aceito em 17/04/2024



1. Introdução

Indústria 5.0 foi um termo apresentado pela primeira vez em 2015 por Michael Rada em um artigo intitulado "From Virtual to Physical" (Kumar et al., 2021, Martynov et al., 2019). A partir de então, a expressão quinta revolução industrial passou a ser explorada com mais ênfase a partir do ano de 2016 (Madsen & Berg, 2021) e já no ano de 2017 passou a registrar esforços acadêmicos dispendidos para impulsionar publicações sobre o tema, porém, foi apenas em 2021 que o termo passou a ganhar mais evidência, quando a Comissão Europeia utilizou formalmente o termo Indústria 5.0 (Xu et al., 2021).

Mesmo ao considerar que a indústria 4.0 ainda não esteja totalmente consolidada, algumas empresas que exercem a liderança tecnológica no mundo já abriram caminho para a 5ª revolução industrial com tecnologias avançadas que serão usadas na vida das pessoas, das indústrias e em outros campos como medicina e agronegócios, para fornecer benefícios e conveniência ao ser humano ao introduzir um novo paradigma de trabalho colaborativo entre humanos e robôs, trazendo o homem de volta ao centro das discussões e ao chão de fábrica, onde humanos e robôs trabalharão de maneira colaborativa proporcionando maior segurança, melhor qualidade e gerando menos resíduos.

As pesquisas iniciais realizadas para elaboração deste artigo identificaram lacunas teóricas sobre o tema: Demira et al. (2019) afirmam que faltam estudos com foco em questões emergentes do coworking humano-robô; Nahavandi (2019) destaca que são necessários estudos para apontar as habilidades essenciais ao Chief Robotics Officer- CROs em futuras funções de gerenciamento; Prassidaa & Asfarib (2021), discorrem que poucos estudos discutiram expectativas e fatores de sucesso na adoção de cobots do ponto de vista da indústria e da academia; Borchart et al (2022) recomendam analisar as novas habilidades, capacidades e competências dos trabalhadores e gerentes e estudar como desenvolvê-los no contexto da colaboração homem-robô e, Saniuk et al. (2022) ressaltam que a direção de novas pesquisas deve ser o desenvolvimento de programas para apoiar a humanização da indústria digitalizada.

Frente às lacunas encontradas, emerge uma questão de pesquisa que pode ser representada pelo seguinte questionamento: Quais os desafios gerenciais do novo cenário do trabalho colaborativo humano-robô na Indústria 5.0? Para buscar resposta a este questionamento, o presente artigo foi elaborado através de uma metodologia qualitativa, exploratória, com método dedutivo, por meio de uma revisão bibliográfica e com o objetivo de apresentar os principais desafios gerenciais para o trabalho colaborativo humano-robô no novo cenário da indústria 5.0

Como resultado, um framework conceitual foi elaborado e apresenta os principais conceitos e objetivos da indústria 5.0, apresentando também os principais desafios de ordem gerencial, onde foco especial deve ser dado no planejamento de um ecossistema de inovação para o trabalho colaborativo, na qualificação das pessoas para o desenvolvimento das habilidades e competências necessárias e na promoção de sinergia homem-máquina através de um redesenho no ambiente de trabalho de modo a permitir uma interação humano-robô. Ao final, o artigo apresenta suas contribuições teóricas/acadêmicas e gerenciais, além de suas limitações e sugestão para futuras pesquisas.

2. Revisão de literatura

2.1. O que é a quinta revolução industrial

Uma revolução industrial é um evento impulsionado pelo surgimento ou avanços de tecnologias que levam a mudanças na forma como a indústria funciona, de modo a gerar consequências e impactos econômicas e sociais (Xu et al., 2021). Neste sentido, um novo paradigma pode ser percebido com o uso, em larga escala, da Inteligência Artificial (IA) no cotidiano humano e industrial (Skobelev & Borovik, 2017), principalmente com a introdução de robôs industriais que passam a trabalhar de maneira colaborativa, dividindo o mesmo espaço de trabalho com seres humanos.

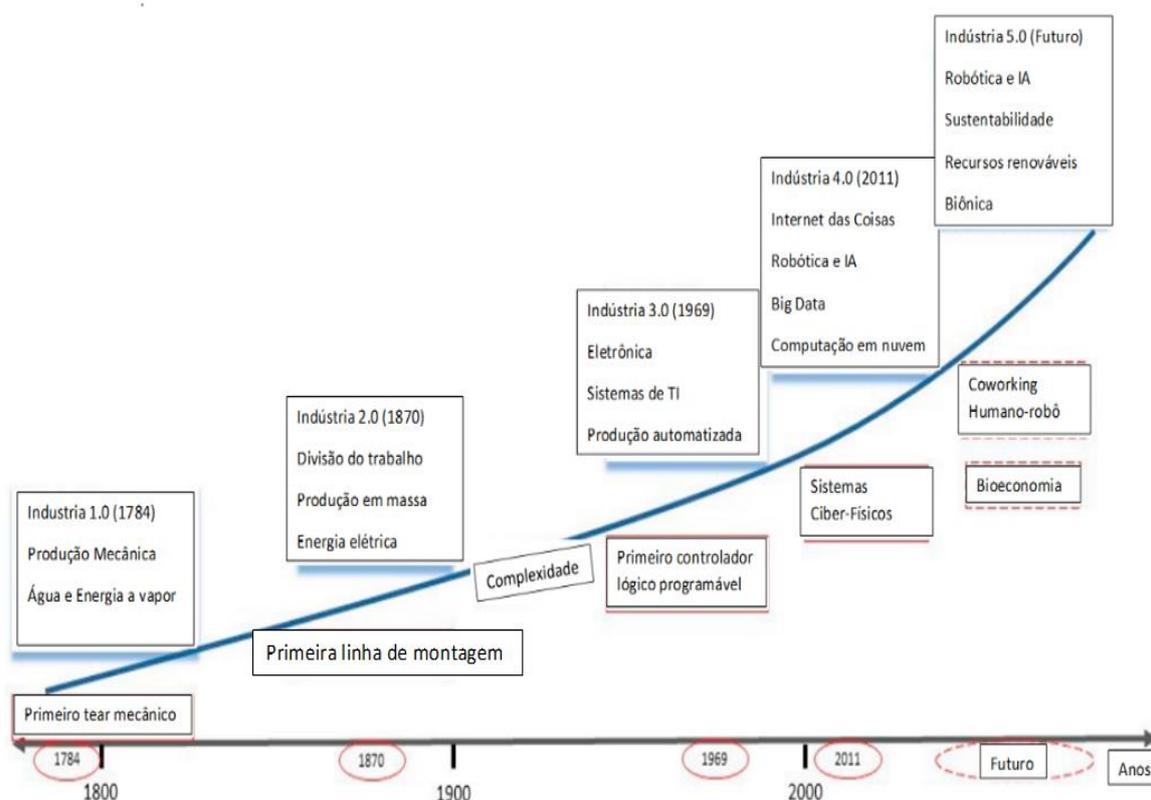
A adoção de novas tecnologias como computação em nuvem (Won, 2021), inteligência artificial – IA (Fatima et al., 2022), realidade aumentada – AR (Sharma et al., 2020), 6G, Blockchain (Maddikunta, et al., 2021), ressonância magnética funcional – fMRI, ou espectroscopia funcional no infravermelho próximo – fNIRS (Nahavandi, 2019) Internet das Coisas Industrial - IIoT, manufatura aditiva, Big-data, robôs colaborativos - CoBot (Skobelev & Borovik, 2017) e gêmeo digital (Orlova, 2021), permitirão a criação de um sistema cognitivo físico cibernético -CPCS (Maddikunta, et al., 2021) ou um sistema ciber-físico humano – HCPS (Saniuk et al., 2022), configurando um sistema multiagente (Martynov et al., 2019) que contribuirá para a interação homem-máquina – IHM (Saniuk et al., 2022), propiciando a implementação de inovações organizacionais (Oliveira & Avelar, 2021).

Segundo Kaasinen et al. (2022, p. 2-10) “A Indústria 5.0 inclui três elementos principais: centralidade humana, sustentabilidade e resiliência” [...]. Ela “criará novas redes, relacionamentos e alianças, que incluem humanos e não humanos”. O emprego de novos termos como a bioeconomia (Sharma et al., 2020), sustentabilidade, inteligência emocional (Madsen & Berg, 2021), economia criativa, coopetição (Veronica, 2020) e resiliência (Kaasinen et al., 2022) contribuirão para a criação de uma sociedade 5.0 (Saxena et al., 2020) e buscarão o design centrado no ser humano (Longo et al., 2020).

As discussões sobre a quinta revolução industrial surgiram pela necessidade de integrar temas sociais, ambientais e de inovação tecnológica com o objetivo de “mudar o foco de tecnologias individuais para uma abordagem sistêmica” (Xu et al., 2021, p. 4), defendendo ainda a suposição de que a 4ª revolução industrial se concentra mais na digitalização e em tecnologias voltadas para a Inteligência Artificial do que para princípios originais como a justiça social e sustentabilidade. Essa nova abordagem capacita a indústria a alcançar objetivos sociais além do emprego e do crescimento e coloca o bem-estar do trabalhador da indústria no centro do processo de produção (Xu et al., 2021).

Segundo Widyarini & Saptaningtyas (2020, p. 2), a Indústria 5.0 promoverá “uma sinergia entre humanos e máquinas” ao utilizar a inteligência e a criatividade para “aumentar a eficiência e eficácia do processo”. A figura a seguir, mostra os principais pontos de evolução e desenvolvimento tecnológico de cada uma das revoluções industriais.

Figura 1. Evolução da indústria 1.0 até a indústria 5.0



Fonte: Pilevaria e Yavari (2020).

Prassidaa e Asfarib (2021) defendem que apesar dos avanços proporcionados pela quarta revolução industrial, com vistas a alcançar o alto desempenho, a indústria 5.0 proporcionará relações sinérgicas entre sistemas tecnológicos e sociais, de modo a permitir a customização em massa de produtos e serviços.

Na indústria 5.0 o homem estará de volta ao chão de fábrica, trabalhando de maneira colaborativa com robôs e isso, inevitavelmente, vai gerar a necessidade de se discutir questões relacionadas ao trabalho colaborativo humano-robô, onde os robôs cuidarão das atividades repetitivas e os humanos deverão focar nas atividades de criatividade e inovação (Maddikunta et al., 2021). A quinta revolução industrial deve proporcionar um ambiente focado na cooperação entre inteligência humana e computação cognitiva, tratando a automação como um aprimoramento adicional das capacidades físicas, sensoriais e cognitivas do ser humano (Longo et al., 2020), fazendo com que homem e máquina trabalhem de maneira harmoniosa e simbiótica (Xu et al., 2021).

As abordagens conceituais sobre a indústria 5.0 ainda não apresentam uma corrente única e consolidada, porém, embora ainda incipiente, a literatura consultada, permitiu elaborar um framework conceitual apresentando seus conceitos e objetivos, conforme Tabela 1 abaixo.



Tabela 1. Framework conceitual sobre indústria 5.0

Conceito de Indústria 5.0	Autor	Objetivos da Indústria 5.0	Autor
A Indústria 5.0 é a era de uma 'Fábrica Inteligente Social', onde cada bloco de construção cooperativo de um CPPS poderá se comunicar com o componente humano por meio de redes sociais corporativas.	Longo et al. (2020)	Fortalecer a colaboração entre produções criativas de seres humanos e máquinas avançadas e aprimoradas e novas tecnologias, como a IoT	Fatima et al. (2022)
É um modelo de produção avançado com foco na interação entre máquinas e humanos.	Maddikunta et al. (2021)	Trazer de volta a inteligência humana ao chão de fábrica, permitindo que os robôs compartilhem e colaborem com humanos	Maddikunta et al. (2021)
É a penetração da Inteligência Artificial na vida humana com o objetivo de aumentar a capacidade do homem.	Akundi, et al. (2022)	Atribuir tarefas repetitivas e monótonas aos robôs/máquinas e as tarefas que precisam de pensamento crítico para os humanos.	Maddikunta et al. (2021)
Sistema de manufatura inteligente, onde novas máquinas, software e tecnologias de informação se integram para fornecer um sistema de manufatura de classe mundial	Javaid & Haleem (2020)	Melhorar a geração de resíduos através da bioeconomia, levando a um ambiente livre de poluição.	Maddikunta et al. (2021)
Sistema de produção que apresenta três elementos principais: centrado no ser humano, sustentável e resiliência. Esses três valores fundamentais foram estabelecidos para promover a diversidade e os talentos das pessoas, considerar os limites do planeta e o espaço ambiental e adaptar novas tecnologias com flexibilidade.	Adel (2022)	Aumentar a segurança, melhorar a qualidade e também reduzir o desperdício e, por outro lado, desenvolver a criatividade e a inovação na produção.	Pilevaria (2020)
Ambiente de trabalho colaborativo entre homens e máquinas para a melhoria da eficiência e da produção industrial	Adel (2022, b)	Aumentar a produtividade sem retirar trabalhadores humanos da indústria manufatureira.	Fraga-Lamas et al. (2021)
Conjunto de processos que envolvem a interdependência homem-máquina em condições totalmente colaborativas evitando desperdício de recursos	Minculete et al. (2021)	Tornar-se um provedor resiliente de prosperidade, por ter um alto grau de robustez, focando na produção sustentável e colocando o bem-estar dos trabalhadores da indústria no centro do processo produtivo.	Kaasinen et al. (2022)

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Quando se analisa os conceitos de indústria 5.0 é possível constatar que, além do foco em tecnologias, existe uma abordagem muito forte no papel do ser humano neste cenário, trazendo a figura do homem para a centralidade das discussões. Borchardt et al. (2022), realizaram uma Revisão Sistemática de Literatura-RSL e destacam que a preocupação com os recursos humanos está presente na maioria dos artigos publicados sobre indústria 5.0, concentrando-se principalmente na colaboração humano-robô.



2.2. Os Robôs Colaborativos

Apesar de o uso de robôs nos sistemas de produção ganharem grande evidência na literatura atual, eles têm sido utilizados nas indústrias desde a década de 1960 (Won, 2021) quando foram introduzidos como parte da indústria 3.0. A General Motors, por exemplo, usou o primeiro robô chamado "Unimate" em 1961, sendo que 2006 foi o primeiro ano em que mais robôs foram usados fora da indústria automotiva do que dentro dela (Ozkeser, 2018).

O uso de robôs nas fábricas representa uma grande vantagem competitiva, pois permite reduzir o trabalho de baixo valor agregado realizado por trabalhadores e transferi-lo para robôs para aproveitar o potencial dos trabalhadores em tarefas mais avançadas em que os robôs apresentam maior limitação devido à flexibilidade de tarefas (Prassidaa & Asfarib, 2019).

Demira (2019, p. 4) define robô como “uma máquina capaz de realizar uma série complexa de ações automaticamente, especialmente uma programável por um computador”. Já os robôs colaborativos ou COBOTS, por sua vez, são definidos por Maddikunta et al. (2021, p. 16) como “robôs projetados para trabalhar em colaboração com humanos de modo a tornar as capacidades humanas mais eficientes”. Ainda segundo os autores, os cobots possuem sensores e são altamente responsivos a detecção de impactos imprevisíveis, o que lhes dá a capacidade de parar espontaneamente quando trabalhadores humanos detectam qualquer objeto extraviado em seu caminho. Isso tende a torná-los extremamente confiáveis quando se trata de segurança no trabalho em comparação com robôs industriais padrão.

Segundo Prassidaa e Asfarib (2021), os cobots são projetados para auxiliar humanos em diversas tarefas em um espaço de trabalho compartilhado, sendo flexíveis para lidar com tarefas repetitivas e chatas e tarefas ergonomicamente desafiadoras. Tee e Chin (2021) defendem que os robôs podem ser usados para trabalhos repetitivos ou perigosos, enquanto os humanos podem ser designados para personalização e para pensar crítica e radicalmente dentro e fora da caixa. Won (2021) ressalta que os robôs colaborativos irão trazer o toque humano para a produção em massa, tornando-se uma característica chave para a Indústria 5.0.

Para Bhandurge e Bhide (2021), os “cobots” são um elemento vital para o advento da indústria 5.0 e da fábrica inteligente, pois são projetados para realizar atividades ao lado dos seres humanos e, mais importante, para ajudá-los. Eles são fáceis de usar e sua função principal é fornecer assistência física aos operadores realizando as tarefas desagradáveis e mais arriscadas. Orlova (2021), afirma que os robôs colaborativos estarão cientes da presença humana e, por isso, cuidarão dos critérios de segurança e risco. Eles podem perceber, entender e sentir não apenas o ser humano, mas também os objetivos e expectativas de um operador humano. Em termos econômicos, a estimativa do tamanho do mercado de cobots foi de US\$ 649 milhões em 2019, e estaria crescendo a uma taxa de 45% entre 2019 e 2025 (Prassidaa & Asfarib, 2021).

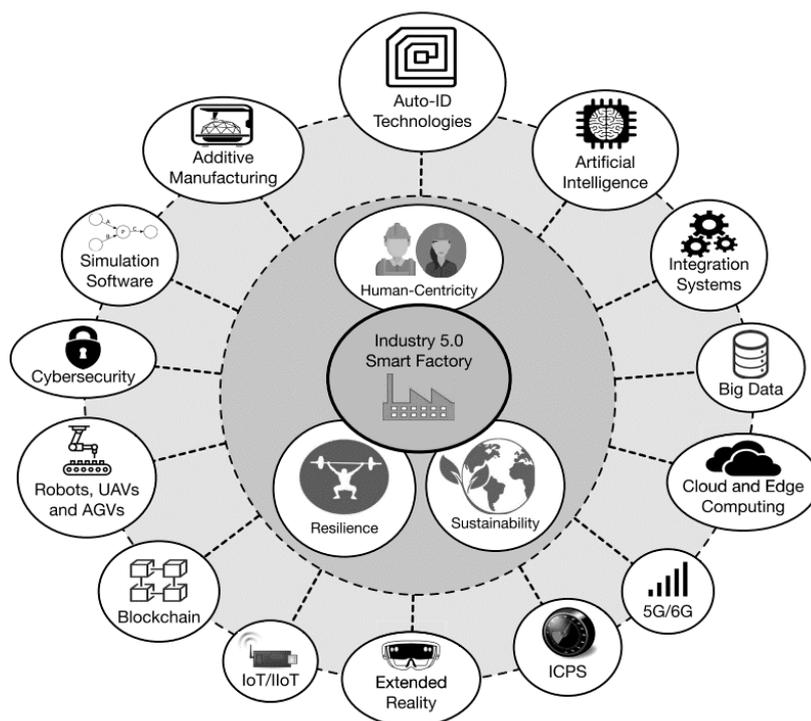
2.3. O novo ambiente da indústria 5.0

Desde que a expressão quinta revolução industrial foi utilizada em 2021 pela Comissão Europeia (Xu, 2021) muito se tem gerado de expectativa sobre esse novo ambiente, que busca aumentar a capacidade de produção e melhorar o desempenho fabril (ElFar, 2021) através da utilização de tecnologias (Sharma et al., 2020).



Esse novo cenário permitirá a realização de trabalho colaborativo entre humanos e robôs, baseado em um modelo de produção inteligente capaz de reduzir a geração de resíduos (Minculete et al., 2021) e promover uma simbiose entre homens e máquinas em um ambiente que está sendo denominado pela literatura como “fábricas do futuro” (Saniuk et al., 2022), sendo ela baseada em sistemas ciber-físico humano - HCPS. De acordo com Fraga-Lamas et al. (2021), as principais tecnologias habilitadoras da indústria 5.0 são apresentadas na Figura abaixo.

Figura 2. Principais tecnologias habilitadoras da indústria 5.0



Fonte: Fraga-Lamas et al. (2021).

Ao introduzir o homem de volta ao centro das discussões no chão de fábrica, a indústria 5.0 promove uma reestruturação no modelo de tarefas realizadas pelos humanos na manufatura, buscando gerar benefícios para os trabalhadores, que devem ser mais qualificados, migrando do trabalho manual para o trabalho cognitivo e, com isso, realizar tarefas de alto valor agregado na produção, principalmente aquelas relacionadas à criatividade, resolução de problemas e personalização. Neste ambiente, robôs colaborativos trabalharão de maneira autônoma, sendo perceptivos e informados sobre a intenção e o desejo humano (Longo, 2020).

A Indústria 5.0 estará alicerçada em uma convergência de tecnologias inteligentes, que irão permitir maior flexibilidade na fabricação para atender as expectativas de personalização e produtividade (Javaid & Haleem, 2020), além de concentrar-se fortemente em questões de sustentabilidade, resiliência e interação humano-robô (Madsen & Berg, 2021). Segundo Aslam et al. (2020, p. 2) “o foco da Indústria 4.0 era apenas melhorar o processo para aumentar a



produção; no entanto, a Indústria 5.0 está mais focada em combinar o poder do cérebro humano e a criatividade, mantendo a sustentabilidade e a ambidestria em mente”.

Demira (2019), ressalta que duas visões surgem nesse cenário: uma destaca o trabalho colaborativo entre humanos e robôs, onde ambos trabalharão juntos, com os humanos se concentrando nas tarefas de criatividade e os robôs se dedicando às tarefas repetitivas; e a outra, destaca a visão de bioeconomia, onde o uso inteligente de recursos biológicos nas indústrias contribuirá para que se alcance um equilíbrio entre ecologia, indústria e economia.

Veronica (2020, p. 2) destaca que, na fase inicial da indústria 5.0, a da personificação, a palavra-chave será coopetição, “focado na cooperação entre o homem e a inteligência artificial”. Akumbi et al. (2022, p. 10) ressaltam “o conceito de coexistência homem-robô/homem-máquina. Isso se refere ao aspecto de humanos e robôs em loop, apoiando e auxiliando uns aos outros nos processos de fabricação e engenharia de produção”

Haverá uma maior preocupação com as necessidades humanas e não apenas com aspectos técnicos ou econômicos e os produtos serão “ainda mais customizados para as necessidades do cliente, reduzir o impacto ambiental e permitir conceitos como circuitos fechados, autossuficiência energética, neutralidade de emissões ou Economia Circular” (Müller, 2020 p. 3).

Os colaboradores devem ser ainda mais qualificados que os da indústria 4.0, pois deverão se concentrar “principalmente na personalização em massa, onde os humanos guiarão os robôs” (Phamb et al., 2021, p. 3). A inteligência humana resolverá os problemas e os robôs serão usados para corrigi-los com rapidez e precisão, o que vai gerar vantagem para as indústrias (Fatima et al., 2022).

A estrutura de gestão da inovação deve ser mais robusta para poder tornar a inovação mais implementável e rotineira nas organizações (Akundi et al., 2022), pois, a automação extrema pode levar a fragilidades que podem gerar perigos sistêmicos (Fatima et al., 2022) e, neste caso, as habilidades pessoais ou as chamadas soft skills, se tornarão indispensáveis para melhorar a força de trabalho, uma vez que estas habilidades incluem a “arte da comunicação e também a capacidade de pensar de forma criativa e crítica (Tee & Chin, 2021).

O ambiente da indústria 5.0 pode ser resumido em um sistema onde a aprendizagem e o conhecimento serão os principais componentes do processo de tomada de decisão no ambiente de trabalho colaborativo entre humanos e robôs – HCR e onde métodos cognitivos serão utilizados para aumentar o desempenho industrial, através de um “sistema cognitivo físico cibernético - CPCS” (Maddikunta et al., 2021, p. 8), gerando grandes desafios de ordem gerencial.

2.4. Desafios gerenciais do trabalho colaborativo humano-robô

O novo cenário introduzido pela indústria 5.0 apresenta uma série de desafios, concentrando-se, principalmente, nos de ordem tecnológicas, composto por tecnologias habilitadoras e facilitadoras dos processos de produção e naqueles de ordem gerencial, composto pelas incertezas que serão geradas nesse novo ambiente para a colaboração harmoniosa entre humanos e robôs.

Quando se analisa os desafios de ordem tecnológica, é possível destacar aqueles relacionados à Internet das Coisas – IoT, uma vez que existe a necessidade de fornecer conectividade em tempo real entre humanos e robôs e a IoT tem a capacidade de acessar todos



os dispositivos físicos ao redor do mundo e conectá-los com a internet (Fatima et al, 2022). Além disso, algumas das tecnologias existentes, como Network Slicing (NS), eXtended Reality (XR) e Private Mobile Network (PMN), desempenham um papel vital na habilitação da Indústria 5.0 e seus aplicativos (Maddikunta et al., 2021).

Os desafios de ordem gerencial, por sua vez, incluem, além da preocupação com fatores do ambiente de trabalho, o exame de informações, as análises contextuais (Fatima, et al., 2022), a transição do modelo de indústria 4.0 para 5.0, a interconexão física e virtual das coisas, a criação de um sistema multiagente para resolução de problemas (Martovi, et al., 2019) e todos os fatores que incluem a mudança da customização em massa para a personalização em massa (Javid et al., 2020), através de um ecossistema (Andrade & Gonçalo, 2022) de trabalho colaborativo.

Para que a interação homem-máquina venha a ser alcançada de forma benéfica, a equipe de gestão deve dar ênfase no desenvolvimento de habilidades e competências humanas necessárias à atuação em um ambiente repleto de novas tecnologias e com um sistema de digitalização contínua (Minculete et al., 2021), capaz de dar foco não apenas na inovação, mas na implantação da inovação (Aslam et al., 2020).

Nahavandi (2019), destaca que a Indústria 5.0 apresentará desafios nunca antes enfrentados pela humanidade, uma vez que irá colocar as máquinas muito próximas do cotidiano do ser humano e revolucionará sistemas de manufatura em todo o mundo, resultando em um fenômeno de superprodução. Este novo cenário deve criar novos empregos, principalmente na área de interação homem-máquina e na área de fatores computacionais humanos -HCF's (Saniuk et al., 2022).

Haverá uma migração do sistema de manufatura digital para uma sociedade digital, onde será necessária uma nova modelagem mental para criar valor aos clientes e às empresas (Aslam et al., 2020). Deverá ser criada uma cultura empresarial aberta para o recrutamento de funcionários qualificados e o treinamento contínuo, tanto para humanos quanto para os cobots e isso evitará a maioria dos problemas relacionados à colaboração (Maddikunta, 2021).

Bhandurge (2021), ressalta que, reunir a inteligência humana e a inteligência artificial de forma colaborativa, e não uma contra a outra, é o cerne da quinta revolução industrial. Nahavandi (2019) afirma que a Indústria 5.0 irá criar uma nova função dentro das indústrias: o Chief Robotics Officer - CRO. Esse profissional deve ter experiência em entender robôs e suas interações com humanos e será responsável por tomar decisões para que máquinas ou robôs sejam adicionados ou removidos do ambiente/chão de fábrica para atingir o melhor desempenho e eficiência no trabalho colaborativo.

3. Metodologia

O presente artigo foi elaborado com uma abordagem qualitativa, por meio de um estudo exploratório, utilizando o método dedutivo, com procedimento e técnicas de pesquisa bibliográfica (Dresch, Lacerda, & Júnior, 2015), uma vez que busca evidenciar conclusões embasadas em observações de abordagens e casos apresentados na literatura.

Uma revisão bibliográfica foi realizada no segundo semestre de 2022, através de pesquisas realizadas em bases de dados Web of Science, Scopus e Google acadêmico, utilizando como palavras chaves o termo “industry 5.0”. Como resultado, 62 artigos foram selecionados para uma leitura crítica dos resumos, usando como critério de inclusão e exclusão

apresentar uma abordagem voltada para a apresentação do termo **Indústria 5.0** e sobre os **desafios da gestão do trabalho colaborativo entre humanos e robôs**.

Ao final, 35 artigos foram selecionados e utilizados como base para a estruturação do presente trabalho e contribuíram para a construção do framework conceitual utilizado como base para a estruturação das discussões e apresentação dos resultados com vistas ao atingimento do objetivo proposto.

4. Resultados e discussões

Este artigo lança luz sobre um problema potencial e pouco explorado: a necessidade de se conhecer e discutir os impactos gerenciais do novo cenário introduzido pela Indústria 5.0. Após a elaboração da pesquisa foi possível constatar que, por se tratar de um tema recente, ainda existem muitas lacunas a serem preenchidas na literatura (Demira et al., 2019; Nahavandi, 2019; Prassida & Asfarib, 2021; Borchardt et al., 2022; Saniuk et al., 2022).

Apesar de tratar-se de uma revolução de cunho tecnológico, a quinta revolução industrial apresenta esforços baseados na centralidade humana, sustentabilidade e na resiliência (Kaasinen, et al., 2022; Xu, et al., 2021), tendo o homem como um de seus focos principais através da busca pela sua reinserção dele ao chão de fábrica, trabalhando em um ambiente colaborativo com robôs autônomos para melhorar a produtividade e eficiência das fábricas.

Esse novo ambiente, onde os seres humanos trabalharão com cobots, traz preocupações com o modelo de gestão que será necessário, envolvendo, principalmente funcionários, cultura da empresa, infraestrutura de gestão, habilidades necessárias, restrições financeiras (Maddikunta, 2021) e, a adaptação da tecnologia aos humanos, que deve coincidir com o treinamento das pessoas sobre como usar as novas tecnologias (Müller, 2020).

As habilidades gerenciais, principalmente as baseadas na inteligência Emocional (IE) serão indispensáveis para resolver, de forma eficaz, problemas complexos e atípicos que dificilmente podem ser resolvidos pelos robôs. Além das habilidades técnicas, os gestores e as equipes precisarão desenvolver e evidenciar as habilidades sociais (Tee & Chin, 2021).

Os desafios gerenciais do novo ambiente de trabalho colaborativo humano-robô, constituem um dos principais pontos de discussão no âmbito da indústria 5.0 e, apesar disso, ainda são pouco evidenciados pela literatura atual. Como resultado dos trabalhos desenvolvidos, o presente artigo identificou os principais desafios gerenciais da indústria 5.0 e elaborou um framework conceitual, que será apresentado conforme Tabela que segue.

Tabela 2. Síntese dos principais desafios gerenciais da indústria 5.0

Desafio Gerencial	Autor
Promover um redesenho no ambiente de trabalho, de modo a definir critérios para um comportamento organizacional que priorize a ética, que reduza a discriminação contra robôs ou pessoas e que respeite a privacidade e confiança em um ambiente de coworking humano-robô.	Demira et al. (2019)
Desenvolver habilidades técnicas e sociais na equipe.	Tee e Chin (2021)
Acompanhar as questões psicológicas e promover a interação social, ceticismo em relação ao aprendizado de robôs, redução da força de trabalho humana e competição humano-robô; Projetar sistemas industriais baseados em princípios éticos e na ética das próprias tecnologias ou ética da máquina; e,	Longo et al. (2020)



Combater o excesso de dependência emocional e relacionado ao trabalho, criando assim um paradigma de dependência emocional, acompanhada de excesso de confiança na capacidade da máquina de sustentar as tarefas, mesmo em situações inesperadas.	
Destinar recursos financeiros para fornecer treinamento adequado aos humanos que trabalham em conjunto com os cobots; e, Combater os riscos de ignorância da gestão, de modo a ter gestores capacitados para atuar nesse novo ambiente, que pode demandar tempo para reengenharia.	Maddikunta et al. (2021)
Definir critérios para a gestão da inovação e modelo de negócios.	Aslam et al. (2020)
Criar um ecossistema que promova a sinergia entre humanos e máquinas autônomas.	Nahavandi (2019), Sousa et al. (2022)
Desenvolver competência e conhecimento nas novas tecnologias e na tendência da gestão de talentos para uma melhor integração homem-máquina.	Saniuk et al (2022)
Definir quais são as novas tarefas pelas quais cada membro da equipe é responsável, como os membros da equipe devem colaborar e se comunicar e como os planos de desenvolvimento de competências de cada membro da equipe podem ser apoiados.	Kaasinen et al. (2022)
Qualificar pessoas para implementar a IoT com técnicas complexas de automação e manipulação de dados em tempo real em grande escala industrial, além de desenvolverem sistemas de proteção e privacidade de seus dados.	Fatima et al. (2022)
Projetar tarefas de maneira justa para utilizar as melhores capacidades dos atores na colaboração homem-máquina, de modo a garantir uma alocação justa de tarefas e manter o trabalho humano significativo e gerenciável.	Kaasinen et al. (2022)
Analisar as novas habilidades, capacidades e competências dos trabalhadores e gerentes e como desenvolvê-los no contexto da colaboração homem-robô; Estudar como equilibrar os investimentos em novas tecnologias e os enormes custos para requalificar os trabalhadores, determinando o limite do uso de tecnologias digitais sob a ótica econômica; e, Analisar as questões éticas e psicológicas para o ser humano relacionadas ao uso da informação e comunicação por sistemas digitais.	Borchadt et al. (2022)

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

No epicentro destas discussões de integração para o trabalho colaborativo, a gestão recebe um foco especial, onde há a necessidade de se planejar um ecossistema de inovação (Sousa et al., 2022) adequado a esta nova realidade, baseado na ilustração da Total Innovation Management (TIM) e adotado pela Gestão de Inovação Holística (HIM) com uma estrutura de gestão da inovação absoluta, sendo necessária uma estrutura de gerenciamento de inovação equilibrada para IoT e Indústria 5.0 (Aslam et al., 2020).

Neste cenário, as pessoas precisam ter certeza de sua segurança enquanto trabalham com cobots em um ambiente colaborativo (Bhandurge & Bhide, 2021) e haverá a necessidade da quebra do paradigma geralmente conhecido de separar estritamente o local de trabalho em uma área humana e uma área robótica, criando um espaço de trabalho verdadeiramente compartilhado, sendo o planejamento, um dos grandes desafios de todo esse processo.

Este movimento para uma abordagem mais centrada no humano, em contraste com as fases anteriores da revolução industrial, destaca a necessidade de adaptar as práticas de gestão



para facilitar a colaboração eficaz entre trabalhadores humanos e robôs (cobots). A literatura existente, como indicado por Demira et al. (2019) e Nahavandi (2019), sugere que a transição para a Indústria 5.0 requer uma revisão das estruturas organizacionais e dos modelos de gestão para incorporar novas habilidades, como a inteligência emocional e competências sociais (Tee & Chin, 2021), essenciais para a mediação efetiva das interações humano-robô.

Além disso, a capacitação e o desenvolvimento de competências emergem como temas centrais na literatura, indicando uma lacuna significativa na preparação dos trabalhadores para este novo ambiente de trabalho colaborativo. Conforme apontado por Maddikunta et al. (2021), a alocação de recursos para o treinamento adequado dos trabalhadores para operar em sinergia com os cobots é crucial para superar os desafios gerenciais e operacionais impostos pela Indústria 5.0. Isso é corroborado por Müller (2020), que enfatiza a importância da adaptação tecnológica aos humanos, sugerindo que o treinamento deve focar não apenas nas habilidades técnicas, mas também na capacidade de trabalhar colaborativamente com robôs.

A literatura também destaca a importância de abordar as dimensões éticas e psicológicas da colaboração humano-robô. Longo et al. (2020) discutem a necessidade de projetar sistemas industriais que não apenas cumpram princípios éticos, mas também considerem o bem-estar psicológico dos trabalhadores humanos. Isso inclui a criação de ambientes de trabalho que minimizem a dependência emocional e o excesso de confiança na tecnologia, promovendo, em vez disso, uma colaboração equilibrada e sustentável entre humanos e máquinas.

Por fim, a necessidade de um ecossistema de inovação bem planejado, conforme destacado por Sousa et al. (2022), ressalta a importância de uma abordagem holística e integrada à gestão da inovação na Indústria 5.0. Isso implica não apenas na implementação de novas tecnologias, mas também na redefinição dos modelos de negócios, na gestão da mudança organizacional e no desenvolvimento de uma cultura que valorize tanto a inovação tecnológica quanto a contribuição humana. Desta forma, os desafios gerenciais precisam ser evidenciados e superados para que a quinta revolução industrial consiga, efetivamente, promover a integração a que se propõe.

5. Considerações finais

As preocupações com o advento da quinta revolução industrial remetem para a existência de dois focos principais: tecnologias e pessoas. Neste sentido, emerge uma preocupação de saber como gerenciar esse novo cenário colaborativo onde homens e robôs compartilharão o mesmo ambiente de trabalho de maneira colaborativa. A literatura atual apresenta várias lacunas de pesquisas (Demira et al., 2019; Nahavandi, 2019; Prassidaa & Asfarib, 2021; Borchardt et al., 2022; e, Saniuk et al., 2022), algumas delas relacionadas aos desafios gerencias.

Este artigo responde à questão de pesquisa e cumpre com seu objeto ao elaborar um framework conceitual apresentando os principais desafios gerenciais do cenário da indústria 5.0 e ao ressaltar a importância da gestão e do fator humano dentro desta revolução homem-máquina, cujas abordagens apresentadas pela literatura, até o momento, apontam para a busca de uma centralidade humana voltada para o equilíbrio da relação entre tecnologias, economia e o bem do planeta, através de um modelo centrado no ser humano, sustentável e resiliente (Adel, 2022).



Como resultado, foi possível elaborar um framework conceitual com os principais desafios gerenciais do cenário da indústria 5.0, onde se pode destacar que os gestores devem focar no processo de planejamento e se ater a analisar as questões éticas e psicológicas, buscando equilibrar os custos para capacitar os colaboradores com as novas habilidades, capacidades e competências necessárias ao trabalho colaborativo homem-robô (Borchadt et al., 2022), para garantir uma alocação justa de tarefas com vistas a manter o trabalho humano significativo e gerenciável na colaboração homem-máquina (Kaasinen et al., 2022).

A qualificação das pessoas, a definição de tarefas e o desenvolvimento de competências deve ser apoiado (Kaasinen et al., 2022), principalmente aqueles relacionados ao conhecimento nas novas tecnologias Saniuk et al. (2022) e as habilidades sociais (Tee & Chin, 2021), onde um ecossistema de inovação (Nahavandi, 2019; Sousa et al., 2022) deve ser instigado para promover uma sinergia entre homens e máquinas através de inovações no modelo de gestão (Aslam, et al., 2020) com gestores capacitados para atuar nesse novo ambiente (Maddikunta et al., 2021).

A atuação dos gestores deve ser baseada em princípios éticos para combater o excesso de dependência emocional e o excesso de confiança na capacidade da máquina de sustentar as tarefas, além de acompanhar as questões psicológicas para promover a interação social, (Longo et al., 2020) através de um redesenho no ambiente de trabalho que respeite a privacidade e confiança em um ambiente de coworking humano-robô (Demira et al., 2019).

O artigo contribuiu com a literatura ao apresentar os principais desafios gerenciais do ambiente de trabalho colaborativo humano-robô no escopo da indústria 5.0 e ao apresentar contribuições teóricas/acadêmicas e contribuições gerenciais, preenchendo lacunas. As contribuições teóricas/acadêmicas residem em explorar a literatura sobre indústria 5.0 e apresentar contribuições empíricas para o preenchimento de lacunas, dando ênfase à importância da gestão no ambiente de inovação (Nahavandi, 2019; Sousa et al., 2022; Saniuk et al., 2022; Fatima et al., 2022).

As contribuições gerenciais destacam a importância do processo de planejamento visando equilibrar os investimentos em novas tecnologias e os custos para requalificar os trabalhadores (Borchadt et al., 2022) e de projetar tarefas de maneira justa, utilizando as melhores capacidades dos atores na colaboração homem-máquina (Kaasinen et al., 2022). Além disso, os gestores devem promover um redesenho no ambiente de trabalho, de modo a definir critérios para um comportamento organizacional que priorize a ética, que reduza a discriminação contra robôs ou pessoas e que respeite a privacidade e confiança em um ambiente de coworking humano-robô (Demira et al., 2019).

Embora o artigo tenha sido desenvolvido com rigor científico, ele ateu-se apenas a realizar um levantamento bibliográfico sobre os desafios gerenciais do novo ambiente da indústria 5.0. Desta forma, recomenda-se que novas pesquisas empíricas ou estudos de caso possam ser realizados para ratificar ou refutar a importância da gestão no novo ambiente de trabalho colaborativo humano-robô.

Referências

- Adel, A. (2022). A Conceptual Framework to Improve Cyber Forensic Administration in Industry 5.0: Qualitative Study Approach. *Forensic Science International*, 2, 111–129. <https://doi.org/10.3390/forensicsci2010009>.
- Adel, A. (2022). Future of industry 5.0 in society: human-centric solutions, challenges and prospective research áreas. *Journal of Cloud Computing*. <https://doi.org/10.1186/s13677-022-00314-5>
- Akundi, A., Euresti, D., Luna, S., Ankobiah, W., Lopes, A., & Edinbarough, I. (2022). State of Industry 5.0—Analysis and Identification of Current Research Trends. *Applied System Innovation*, 5, 27. <https://doi.org/10.3390/asi5010027>.
- Andrade, C. R. D. (2022). Gonçalo, C. R. Plataformas e Ecossistemas: Fatores Antecedentes ou Propulsores para Promover Estratégia de Transformação Digital. *RASI, Volta Redonda/RJ*, 8(2), 96-118.
- Aslam, F., Aimin, W., Li, M., & Rehman, K. U. (2020). Innovation in the Era of IoT and Industry 5.0: Absolute Innovation Management (AIM) Framework. *Information*, 11(124). <https://doi:10.3390/info11020124>.
- Bhandurge, G. M., & Bhide, M. S. (2021). Industry 5.0: The convergence of AI and HI (Human Intelligence). *Research Square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-693806/v1>
- Borchardt, M., Pereira, G. M., Milan, G. S., Scavarda, A. R., Nogueira, E. O., & Poltosi, L. C. (2022). *Industry 5.0 Beyond Technology: An Analysis Through the Lens of Business and Operations Management Literature*. *Organizacija*. <https://doi.org/10.2478/orga-2022-0020>
- Demira, K. A., Dövena, G., & Sezenb, B. (2019). Industry 5.0 and Human-Robot Co-working. *III World Conference on Technology, Innovation and Entrepreneurship (WOCTINE)*.
- Dresch, A., Lacerda, D. P., & Júnior, J. A. V. A. (2015). *Design Science Research: Research Method for Advancement of Science and Technology*. Porto Alegre: Book.
- ElFar, O. A., Chang, C., Leong, H. Y., Peter, A. P., Chew, K. W., & Show, P. L. *Prospects of Industry 5.0 in algae: Customization of production and new advance technology for clean bioenergy generation*. *Energy Conversion and Management*: X.
- Fatima, Z., Tanveer, M. H., Zardari, S., Naz, L. F., Khadim, H., Ahmed, N., & Tahir, M. (2022). Production Plant and Warehouse Automation with IoT and Industry 5.0 *Appl. Sci.*, 12, 2053. <https://doi.org/10.3390/app12042053>.
- Fraga-Lamas, P., Varela-Barbeito, J., & Fernández-Caramés, T. M. (2022). *Next Generation Auto-Identification and Traceability Technologies for Industry 5.0: A Methodology and Practical Use Case for the Shipbuilding Industry*. IEEE ACCESS. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3119775>
- Javaid, M., & Haleem, A. (2020). Critical components of Industry 5.0 towards a successful adoption in the field of manufacturing. *Journal of Industrial Integration and Management*. <https://doi.org/10.1142/S2424862220500141>

- Kaasinen, E., Anttila, A., Heikkilä, P., Laarni, J., Koskinen, H., & Väättänen, A. (2022). Smooth and Resilient Human–Machine Teamwork as an Industry 5.0. *Design Challenge. Sustainability*, 14, 2773. <https://doi.org/10.3390/su14052773>
- Longo, F., Padovano, A., & Umbrello, S. (2020). Value-Oriented. Ethical Technology Engineering in Industry 5.0: A Human-Centric Perspective for the Design of the Factory of the Future. *Appl. Sci.*, 10, 4182; <https://doi.org/10.3390/app10124182>.
- Maddikunta, P. K. R., Phamb, Q., Prabadevi B. A., Deepaa, N., Devc, K., Gadekallua, T. R., Rubyd, R., & Liyanagee, M. (2021). Industry 5.0: A Survey on Enabling Technologies and Potential Applications. *Journal of Industrial Information Integration*. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100257>
- Madsen, D. O., & Berg, T. (2021). An Exploratory Bibliometric Analysis of the Birth and Emergence of Industry 5.0. *Appl. Syst. Innov.*, 4, 87. <https://doi.org/10.3390/asi4040087>
- Martynov, V. V., Shavaleeva, D. N., & Zaytseva, A. A. (2019). *Information Technology as the Basis for Transformation into a Digital Society and Industry 5.0*.
- Minculete, G., Bârsan, G., & Olar, P. (2021). Conceptual Approaches of Industry 5.0. Correlative Elements with Supply Chain Management 5.0. *Review of International Comparative Management*, 22(5). <https://doi.org/10.24818/RMCI.2021.5.622>
- Müller, J. (2020). *Enabling Technologies for Industry 5.0. European Commission*. <https://doi.org/10.2777/082634>
- Nahavandi, S. (2019). Industry 5.0—A Human-Centric Solution. *Sustainability*, 11, 4371. <https://doi.org/10.3390/su11164371>. 2019
- Oliveira, C. E., & Avellar, A. P. M. (2021). Evidências da Relação entre Inovação Organizacional e Inovação Tecnológica na Indústria Brasileira. *RASI, Volta Redonda/RJ*, 7(3), 9-29.
- Orlova, E. V. (2021). Design of Personal Trajectories for Employees' Professional Development in the Knowledge Society under Industry 5.0. *Soc. Sci.* 10, 427. <https://doi.org/10.3390/socsci10110427>
- Prassidaa, G. F., & Asfarib, U. (2021). A conceptual model for the acceptance of collaborative robots in industry 5.0. *LX Information Systems Internacional Conference*.
- Pilevaria, N., & Yavari, F. (2020). Industry Revolutions Development from Industry 1.0 to Industry 5.0 in Manufacturing. *Journal of Industrial Strategic Management*, 5(2), 44-63.
- Saniuk, S., Grabowska, S., & Straka, M. (2022). Identification of Social and Economic Expectations: Contextual. Reasons for the Transformation Process of Industry 4.0 into the *Industry 5.0 Concept. Sustainability*, 14, 1391. <https://doi.org/10.3390/su14031391>. 2022



- Saxena, A., Pant, D., Saxena, A., & Patel, C. (2020). Emergence of Educators for Industry 5.0 - An Indological Perspective. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)*, 9(12).
- Sharma, I., Garg, I., & Kiran, D. (2020). Industry 5.0 And Smart Cities: A Futuristic Approach. *European Journal of Molecular & Clinical Medicine*, 7(8).
- Sharma, I., Garg, I., & Kiran, D. (2020). Industry 5.0 And Smart Cities: A Futuristic Approach. *European Journal of Molecular & Clinical Medicine*, 7(8).
- Skobelev, P. O., & Borovik, S. Y. (2017). On the way from industry 4.0 to industry 5.0: from digital manufacturing to digital society. *International Scientific Journal "Industry 4.0"*.
- Sousa, J. C., Borchadt, M., Alves, M. B., & Nogueira, E. O. (2022). Guidelines for Implementing Innovations in Hospital Organizations. *Brazilian Business Review*. <http://dx.doi.org/10.15728/bbr.2022.19.3.6.en>
- Tee, S. & Chin, S. (2021). Influence of Emotional Intelligence on the Workforce for Industry 5.0. *Journal of Human Resources Management*. <https://doi.org/10.5171/2021.882278>
- Veronica, A. (2020). The Transition from Industry 4.0 to Industry 5.0. The 4Cs of the Global Economic Change. *XVI Economic International Conference New Challenges and Opportunities for the Economy 4.0*.
- Widyarini W., & Saptaningtyas E. (2020). A Proposed Model for Food Manufacturing in SMEs: Facing Industry 5.0. *Proceedings of the V International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Detroit, Michigan/USA, August 10-14*.
- Won, H. (2021). An Old Problem in the New Era: Effects of Artificial Intelligence to Unemployment on the Way to Industry 5.0. *Journal of Yasar University*.
- Xu, X. Lu, Y., Vogel-Heuser, B., & Wang, L. (2021). Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception. *Journal of Manufacturing System*.