

Competências organizacionais para processos de manufatura na indústria 4.0: uma revisão sistemática da literatura

Jackson Kleber Lima Nascimento – Universidade de Pernambuco
<https://www.orcid.org/0000-0002-3085-5304> - jackson.kleber@upe.br

Fagner José Coutinho de Melo – Universidade de Pernambuco
<https://orcid.org/0000-0002-0550-5177> - fagner.melo@upe.br

Daniela Macedo Nascimento – Universidade Federal de Sergipe
<https://orcid.org/0000-0002-9681-1224> - dm8687@gmail.com

Ademir Macedo Nascimento – Universidade de Pernambuco
<https://orcid.org/0000-0001-5678-2740> - ademir.nascimento@upe.br

Resumo – Este artigo tem por objetivo mapear as principais competências demandadas ao trabalhador da indústria de manufatura no contexto da quarta revolução industrial. Para tanto, realizou-se uma pesquisa descritiva, baseada em pesquisa bibliográfica (revisão sistemática da literatura), tendo por base de dados o portal da *Web of Science* e uma série de etapas delineadas no protocolo da revisão sistemática. Foram inclusos neste estudo 16 artigos sobre a temática que indicaram as competências técnicas, metodológicas, pessoais e interpessoais como as mais requeridas no contexto da indústria 4.0. Os resultados revelam que as competências técnicas da digitalização, automação e robótica contemplam a maioria das competências exigidas pela indústria 4.0 em países da Europa. Por esta razão, propõe-se a continuidade dos estudos em indústrias brasileiras.

Palavras-chave: Manufatura, Digitalização, Automação, Indústria 4.0, Competências.

Organizational competencies for manufacturing processes in industry 4.0: a systematic literature review

Abstract – This article aims to map the main skills required of workers in the manufacturing industry in the context of the Fourth Industrial Revolution. For that, descriptive research was carried out, based on bibliographical research (Systematic Literature Review), using the Web of Science portal as a database and a series of steps outlined in the Systematic Review Protocol. 16 articles on the subject were included in this study, which indicated technical, methodological, personal and interpersonal skills as the most required in the context of industry 4.0. The results reveal that the technical skills of digitization, automation and robotics include most of the skills required by industry 4.0 in Europe. For this reason, it is proposed to continue studies in Brazilian industries.

Keywords: Manufacturing, Digitization, Automation, Industry 4.0, Skills.

Data da Submissão: 17/08/2022

Data de aceitação: 11/12/2022

Este artigo está licenciado sob forma de uma licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

<https://doi.org/10.51359/2317-0115.2022.256818>



1. Introdução

As empresas de manufatura em todo o mundo estão se deparando cada vez mais com a quarta revolução industrial, a chamada era da indústria 4.0 (I4.0), que é a transformação digital da manufatura e indústrias relacionadas. Seu foco concentra principalmente no uso de comunicação máquina a máquina em larga escala (M2M) e Internet das coisas (IoT) para aumentar a automação, comunicação e *automonitoramento*, incluindo máquinas inteligentes que podem fornecer bom volume de quantidades de dados para analisar e diagnosticar problemas com pouca intervenção humana (BONEKAMP; SURE, 2015).

O uso de tecnologias digitais nas indústrias do Brasil ainda é pouco difundido, quando comparado a países desenvolvidos. Conforme estudos da CNI (2016), do total das indústrias, 58% conhecem a importância dessas tecnologias para a competitividade, mas menos da metade as utiliza. Neste contexto, os possíveis caminhos que podem contribuir para o aumento da digitalização no Brasil é a promoção da infraestrutura digital, investindo na capacitação profissional e estimulando a criação de linhas de financiamentos específicas (CNI, 2016).

Spöttl e Windelband (2021) pontuam que a quarta revolução industrial é um dos desenvolvimentos tecnológicos e socioeconômicos mais discutidos do mundo moderno, com profundo impacto na agenda de políticas e estratégias educacionais. Todavia, apesar de todo impacto positivo, pouca atenção está sendo dada à exploração das implicações atuais e potenciais da 4ª revolução industrial para os principais processos de educação e treinamento.

A ênfase na formação continuada e no desenvolvimento de competências na indústria 4.0 existe; não está claro, no entanto, que tipo de conhecimento, aprendizagem e programas de desenvolvimento de competências devem ser implementados para conter e responder adequadamente aos efeitos transformadores da indústria 4.0. (RANGRAZ; PARETO, 2021).

A qualificação do trabalhador industrial ganha destaque como principal desafio, sendo necessário o desenvolvimento de novas competências para atender às exigências técnicas e comportamentais das fábricas inteligentes, onde a valorização da aprendizagem contínua precisa estar contida na cultura organizacional (SENIGE, 2012).

Diante dessas discussões, este artigo se propõe a responder a seguinte questão de pesquisa: Quais as competências necessárias para o trabalhador da indústria de manufatura se adaptar às tecnologias oriundas da indústria 4.0? Para isso, este artigo tem como objetivo mapear as principais competências demandadas ao trabalhador da indústria de manufatura no contexto da quarta revolução industrial (indústria 4.0).

As inovações digitais muitas vezes derivam de iniciativas de base, que permitem criatividade, tentativa e erro, experimentos de chão de fábrica etc. (KOHLI; MELVILLE, 2019). Deste modo, vários estudos apontam que não são as tecnologias da indústria 4.0 que estão no epicentro da mudança, mas as relações humanas, ou seja, os funcionários. (MOON, 2010; RANGRAZ; PARETO, 2021).

Diante do exposto, este artigo busca contribuir diretamente com a identificação das novas competências organizacionais exigidas do operário no contexto da indústria 4.0.

O presente artigo está organizado da seguinte forma: a segunda seção trata da fundamentação teórica, a terceira explica os procedimentos metodológicos, a quarta apresenta os resultados com as respectivas análises de conteúdo dos artigos selecionados. Por fim, a quinta apresenta as considerações finais sobre o estudo.

2. Conceitos

Para o desenvolvimento do trabalho convém tecer alguns comentários sobre a indústria 4.0, a fim de se compreender a sua importância para a atuação dos recursos humanos nos processos de manufatura.

2.1 Indústria 4.0

A indústria passou e vem passando por vários impactos com o passar dos anos. Essas variações provocaram evoluções não só na economia, com o aumento da produtividade e modificação dos sistemas de produção, mas na vida cotidiana das pessoas e nos sistemas de gestão (SANTOS et al., 2018).

A 1ª revolução industrial, que aconteceu com o surgimento das máquinas a vapor, permitiu a mecanização da produção; a 2ª revolução industrial, que ocorreu em função da proliferação dos sistemas de distribuição da eletricidade, permitiu a criação da produção em massa; a 3ª revolução industrial que com a difusão da eletrônica e da tecnologia da informação tornou possível a automação da produção. Já a 4ª Revolução Industrial, que vem acontecendo desde meados do século XX, está transformando sistemas inteiros de produção, inclusive a força de trabalho, a gestão e a governança. Essa revolução será promissora por sua característica de fundir várias tecnologias com a ideia de reduzir a fronteira entre o mundo digital (imaterial) e o físico (material) (SCHWAB, 2016).

Ainda de acordo com o conceito de Schwab (2016), essas ferramentas tecnológicas podem ser agrupadas em físicos (veículos autônomos, impressão 3D ou manufatura aditiva, robótica avançada, novos materiais etc.), digitais (Internet das coisas, big data e a tecnologia *blockchain*) e biológicas (biotecnologia e genética) que estão integradas por uma base fundamental que são as tecnologias digitais.

Dentre as ferramentas voltadas à indústria 4.0, Rübmann *et. al.* (2015) destacam nove ferramentas a saber: robótica autônoma, simulação, sistemas de integração horizontal e vertical, internet das coisas, cyber segurança, computação em nuvem, manufatura aditiva, *big data* e *data analytics* e realidade aumentada. O quadro 1 ilustra as ferramentas pilares para a indústria 4.0.

Quadro 1 – Pilares da indústria 4.0.

Pilares da indústria 4.0	Descrição
Robótica autônoma	Um robô com capacidade de desempenhar trabalhos tomando decisões sem intervenção humana. Permite a automação e a execução com enorme precisão e agilidade dos processos produtivos. Nesse aspecto quanto menor interação humana melhor. Torna possível padrões de produção muito mais altos e uma grande redução de custos
Simulação	É uma ferramenta de análise de desempenho de um sistema, permitindo a modelação desse sistema em diferentes graus de complexidade, tornando-se assim uma ferramenta de apoio à decisão, por proporcionar testes de maneira virtual antes da implementação real, melhorando o funcionamento do processo e reduzindo custos
Sistemas de integração horizontal e vertical	Esse pilar engloba e permite que a indústria 4.0 opere em sua capacidade plena. Possuindo todos os sistemas integrados é possível se analisar, explorar e interagir com qualquer parte da fábrica de qualquer lugar do mundo
Internet das coisas	A Internet das coisas, <i>Internet of things</i> (IoT), consiste em conectar objetos utilizados diariamente, como máquinas, veículos, aparelhos eletrodomésticos, à internet, de forma a serem acessados remotamente, por dispositivos móveis, como <i>smartphones</i> , <i>notebooks</i> , <i>tablets</i> ou fixos que tenham conexão com a Internet
<i>Cybersegurança</i>	Em razão da integração de sistemas e a constante troca de informações que ela promove, se faz necessário a criação de meios para proteger esse ciclo contra invasões e interferências externas que podem gerar roubo ou danos à integridade dos sistemas
Computação em nuvem	A computação na nuvem, <i>cloud computing</i> , consiste no armazenamento e processamento de dados sem o gerenciamento ativo do usuário. É assim denominada por não se saber onde os dados armazenados e processados estão localizados. Mais de um servidor podem estar em lugares distintos e processando de forma conjunta, ou os mesmos dados gerados por uma determinada empresa, podem estar localizados em diferentes servidores
Manufatura aditiva	A manufatura aditiva é uma definição mais abrangente da impressão 3D. Trata-se da adição de camadas de materiais diversos para se obter as formas desejadas. Essa tecnologia entrega praticidade e velocidade na fabricação de peças já onde serão colocadas em uso
<i>Big data e data analytics</i>	Entende-se por <i>big data</i> como a capacidade de grande armazenamento e análise estatística de informações geradas por um sistema. Com a estruturação dos dados armazenados é possível conceber uma estrutura racional. O <i>Big Data</i> também incorpora a análise de dados não estruturados como imagens, expressões faciais, sons e outros.
Realidade aumentada	A realidade aumentada permite a interação do mundo real com o virtual e seus elementos. Essa interação permite ampliar a percepção e a extração de informações do ambiente estudado. Interagindo em tempo real na própria perspectiva 3D, a gama de possibilidades para aplicações é enorme, dentre elas, simulações de plantas de fábricas inteiras que ainda nem foram criadas, acessos a informações desse ambiente e como torná-lo mais eficiente e outros

Fonte: Adaptado de Rübmann *et. al.* (2015) e Sacomano (2018).

2.2 Competências Organizacionais

O conceito de competência comumente aparece englobando conhecimentos, habilidades e atitudes. Amorim, Moreira e Souza (2021) conceituam competência como o conjunto de comportamentos que constitui papel importante no desenvolvimento pessoal e profissional, combinando três áreas: o conhecimento (o saber), a habilidade (saber fazer) e a atitude (querer fazer) gerando sinergia entre eles.

Por outro lado, Carbone (2006) conceitua competência como o desempenho expresso em comportamentos e realizações decorrentes da aplicação do conjunto de conhecimentos, habilidades e atitudes necessários para exercer determinada atividade. Nesta perspectiva, a competência se constitui na expressão de conhecimento, habilidades e atitudes em resultado mensurável.

A maioria dos estudos que tratam da competência humana dá atenção especial ao efeito das tecnologias. Conceitos como e-competência e competência digital, por exemplo, certamente sugerem a importância da tecnologia na compreensão da competência. Estudos recentes sobre competência dos trabalhadores apontam para a carência e a importância de estudos sobre competência e iniciativas de formação. Eles prestam atenção ao papel da tecnologia, bem como ao contexto de trabalho onde a tecnologia é implementada com grande efeito (RANGRAZ; PARETO, 2021).

Ferrari (2013), define competência digital como um conjunto de conhecimentos, habilidades, atitudes (incluindo habilidades, estratégias, valores e consciência) que são necessários ao usar Tecnologia da Informação (TI) e mídia digital para realizar tarefas; resolver problemas; comunicar; gerenciar informações; colaborar; criar e compartilhar conteúdo; e construir conhecimento de forma eficaz, eficiente, apropriada, crítica, criativa, autônoma, flexível, ética, reflexiva para o trabalho, lazer, participação, aprendizagem, socialização, consumo e *empoderamento*.

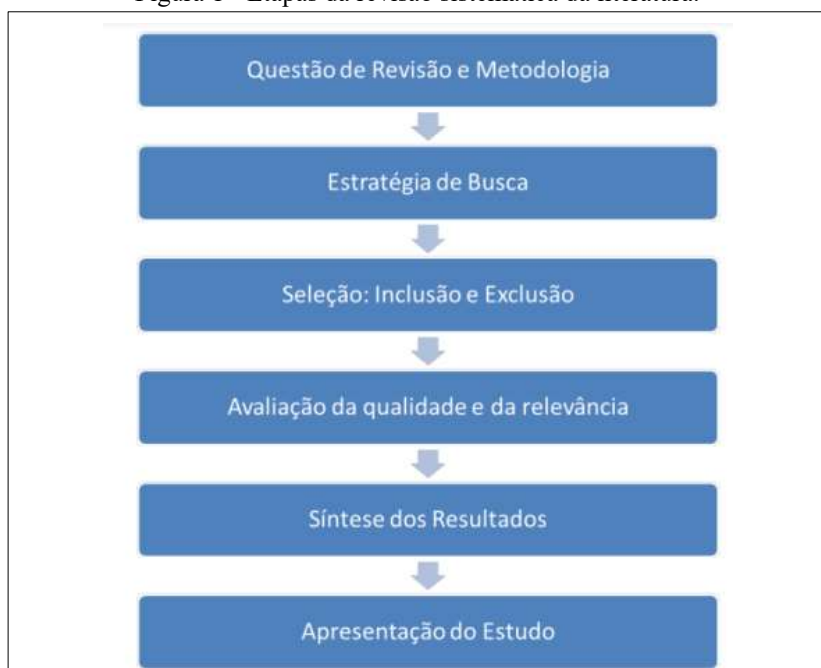
3. Metodologia

Esta seção discute como essa revisão sistemática da literatura (RSL) foi elaborada. Os trabalhos de RSL são estudos que analisam a produção bibliográfica em determinada área temática, dentro de um recorte de tempo, fornecendo uma visão geral sobre um tópico específico, evidenciando novas ideias, métodos, subtemas que têm recebido maior ou menor ênfase na literatura selecionada (CAMPELLO et al., 2007). Trata-se de um tipo de estudo secundário, já que os estudos que compõem a revisão sistemática são os estudos primários (KITCHENHAM et al., 2007). Ademais, baseado nas classificações de Gil (2002), esta pesquisa é caracterizada como descritiva, baseada na pesquisa bibliográfica.

De acordo com Dresch *et al.*, (2015) a RSL serve para mapear, encontrar, avaliar, além de identificar lacunas a serem preenchidas, resultando em um relatório coerente ou em uma síntese, proporcionando uma visão abrangente e robusta, permitindo assim que pesquisadores se mantenham a par do que tem sido estudado em suas áreas de interesse.

Uma RSL responde a uma pergunta claramente formulada utilizando métodos sistemáticos e explícitos para identificar, selecionar e avaliar criticamente pesquisas relevantes, coletar e analisar dados de estudos incluídos na revisão (CLARKE, 2001), conforme pode ser observado na figura 1.

Figura 1 - Etapas da revisão sistemática da literatura.



Fonte: Adaptado de Gough *et al.*, (2012) e Dresch *et al.*, (2015).

A busca pelos artigos foi realizada no portal da *Web of Science*, tendo em vista que, por se trata das temáticas voltadas para a indústria 4.0, artigos originários da Europa e em inglês trariam resultados mais relevantes, bem como, o recorte temporal (2018/2022) traria as características mais atuais sobre o tema.

Vale destacar ainda, a importância e relevância deste banco de dados, sendo bastante consultado pela comunidade científica e pelos usuários do portal de periódicos da coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior (CAPES, 2022).

O uso do portal da *Web of Science* possibilitou a escolha dos periódicos revisados por pares, sendo este um dos critérios de qualidade desta pesquisa; e, quando acessado em rede institucional, autoriza o acesso aos periódicos restritos por licença de uso.

Na execução do protocolo de busca, as palavras-chave utilizadas como estratégia de busca na base de dados, assim como suas combinações, utilizando os operadores *booleanos* AND e OR, foram: 4.0 AND (*competence* OR *ability*) AND (*manufacture* OR *manufacturing industry*). A busca foi feita exclusivamente por artigos considerando o período de cinco anos, entre 2018 e fevereiro de 2022, data de realização da pesquisa.

Concluída a busca na fonte de dados, iniciou-se a fase de seleção dos estudos e avaliação da aderência ao tema proposto. A estratégia utilizada foi composta por três etapas:

- Leitura do título, resumo e palavras-chave, de modo a verificar a ocorrência dos termos de busca, obedecendo aos critérios de seleção definidos;
- Leitura da introdução, para verificar a aderência dos trabalhos com o objetivo da pesquisa;
- Leitura completa dos trabalhos selecionados para extração dos dados.

Os critérios de inclusão e exclusão (tabela 1) foram estabelecidos para evitar a análise aprofundada de trabalhos não condizentes com o escopo da pesquisa, mantendo a coerência com o tema previamente estabelecido (LOPES, 2002).

Tabela 1 – Critérios para a seleção dos trabalhos

Critérios de exclusão	Critérios de inclusão
Artigos não escritos em inglês	Artigos que descrevam competência, habilidades e atitudes dos profissionais no contexto da indústria 4.0
Relatórios técnicos, documentos na forma de resumo ou apresentações (<i>proceedings paper</i>)	Artigos que contemplem instrumentos de avaliação das competências profissionais, tendo em vista o contexto da indústria 4.0
Artigos referentes à aplicação da I4.0 em serviços (Saúde, educação e segurança)	

Fonte: Autores (2022).

Após a execução do protocolo de busca no Portal da Web of Science, foram listados 258 artigos para análise por meio dos critérios de exclusão/inclusão. Na primeira etapa, todos os itens selecionados, a partir da pesquisa realizada com as sequências de busca, tiveram seus títulos, palavras-chave e resumos lidos para verificar se os artigos estavam relacionados à pesquisa. Nisso, foram selecionados 35 artigos dos 258 pesquisados. Continuando o processo, na segunda etapa após a leitura da introdução dos 35 artigos, foram selecionados apenas 16 artigos. Por fim, na terceira etapa, todos os 16 artigos selecionados foram lidos na íntegra.

Após a seleção, realizou-se uma análise descritiva desses 16 artigos para identificar a evolução e concentração dos trabalhos por periódicos, períodos e autores. Posteriormente, realizou-se uma análise de conteúdo de cada artigo com o objetivo de observar como a comunidade acadêmica tem abordado o tema.

4. Resultados

A partir da revisão sistemática da literatura, algumas análises foram realizadas nos 16 artigos selecionados de forma descritiva.

4.1 Análise geral

A pesquisa, que selecionou artigos publicados entre os anos de 2018 e 2022, apresentou 258 artigos avaliados por pares. Destes, conforme supramencionado, apenas 35 (13,56%) foram selecionados após a primeira etapa e 16 (45,71% dos artigos da etapa anterior e 6,2% de todos os itens indicados pelo banco de dados) após a segunda etapa. A terceira etapa usou todos os 16 artigos, após a confirmação dos critérios de inclusão de cada estudo, conforme apresentado na tabela 2.

Tabela 2 – Artigos selecionados e critérios de inclusão.

Título	Critério de Inclusão
--------	----------------------

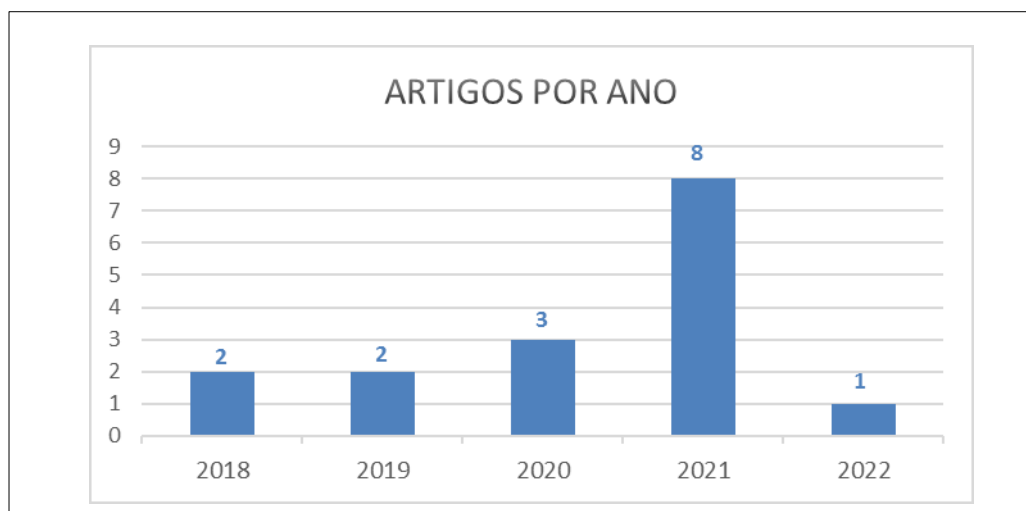
<i>Lack of skills, knowledge and competences in Higher Education about Industry 4.0 in the manufacturing sector</i>	Key Enabling Technologies (kets) de I4.0
<i>Workplace work-integrated learning: supporting industry 4.0 transformation for small manufacturing plants by reskilling staff</i>	Trabalho e habilidades associadas em relação à automação/robótica e transformação digital
<i>A Gap Study between Employers' Expectations in Thailand and Current Competence of Master's Degree Students in Industrial Engineering under Industry 4.0</i>	Atender às necessidades do setor industrial na era industrial 4.0
<i>Taking Responsibility for Industrial Digitalization: Navigating Organizational Challenges</i>	Importância de entender os humanos (funcionários) em relação às aplicações da tecnologia I4
<i>An Approach to Supporting the Selection of Maintenance Experts in the Context of Industry 4.0</i>	Competências dos trabalhadores de manutenção em empresas de manufatura.
<i>Online engineering education for manufacturing technology: Is a remote experiment a suitable tool to teach competences for Working 4.0?</i>	Working 4.0
<i>Empowering and engaging industrial workers with Operator 4.0 solutions</i>	Mudança de paradigma do operador 4.0
<i>The technological transition of european manufacturing companies to industry 4.0. Is the human resource ready for advanced digital technologies? The case of Romania</i>	Recursos humanos para a indústria 4.0
<i>Framework for the Development of Affective and Smart Manufacturing Systems Using Sensorised Surrogate Models</i>	Desenvolvimento de talentos com a introdução de tecnologias digitais
<i>Integration of 3D Printing and Industry 4.0 into Engineering Teaching</i>	Elementos da indústria 4.0 no ensino
<i>The 4th industrial revolution - its impact on vocational skills</i>	Impacto da implementação da indústria 4.0 sobre os trabalhadores qualificados
<i>Digital communication channels in industry 4.0 implementation: the role of internal communication</i>	Canais de comunicação interna digital para comunicar as transformações digitais
<i>Diagnosis of the Maturity Level of Implementing Industry 4.0 Solutions in Selected Functional Areas of Management of Automotive Companies in Poland</i>	Implementação de soluções da Indústria 4.0 em seis áreas funcionais de gestão
<i>Smart services for enhancing personal competence in industrie 4.0 digital factory.</i>	Competência do funcionário na produção usando dispositivos inteligentes conectados
<i>Digitized Industrial Work: Requirements, Opportunities, and Problems of Competence Development</i>	Ensinar novas competências aos trabalhadores
<i>How do industry 4.0 technologies influence organisational change? An empirical analysis of Italian SMEs</i>	Como o paradigma I4.0 pode impactar as habilidades profissionais e competências

Fonte: Autores (2022).

Estiveram representados 14 periódicos das áreas de educação, engenharia de produção, sustentabilidade, computação, engenharia industrial e sociologia, com predominância do periódico da área de sustentabilidade, a Revista *Sustainability*, que apresentou 03 (três) artigos. Ademais, estiveram representados 66 autores diferentes de vários países, incluindo Alemanha, Finlândia, Itália, Lituânia, Malásia, Polônia, Romênia, Espanha, Suécia e Tailândia, com destaque para a Alemanha e Suécia que apresentaram 04 (quatro) e 02 (dois) artigos, respectivamente.

Em seguida, os artigos também foram separados por suas ocorrências ao longo dos anos da pesquisa, onde se percebe uma concentração de publicações no ano de 2021, conforme evidenciado na figura 2.

Figura 2 – Número de artigos identificados por ano.



Ao analisar as referências dos 16 artigos selecionados, foram encontradas mais de 858 citações distintas, sendo algumas citadas mais de duas vezes, com destaque para o estudo de Longo, Nicoletti e Padovano (2017), que foi citado por mais de 25% dos artigos, conforme mostrado na tabela 3.

Tabela 3 – Referências citadas mais de duas vezes entre os artigos selecionados.

Título	Referência
<i>Holistic Approach for Human Resource Management in Industry 4.0</i>	Hecklau, F., Galeitzke, M., Flachs, S. & Kohl, H. (2016)
<i>Design principles for industrie 4.0 scenarios</i>	Hermann, M., Pentek, T. & Otto, B. (2016)
<i>Recommendations for Implementing the Strategic Initiatives Industry 4.0</i>	Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013)
<i>Sustainable Industry 4.0 frameworks: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives</i>	Kamble, S.S., Gunasekaran, A. & Gawankar, S.A. (2018)
<i>Smart operators in industry 4.0: A human-centered approach to enhance operators' capabilities and competencies within the new smart factory contexto</i>	Longo, F., Nicoletti, L., & Padovano, A. (2017)
<i>Evaluating Challenges to Industry 4.0 Initiatives for Supply Chain Sustainability in Emerging Economies</i>	Luthra, S., Mangla, S.K. (2018)

Fonte: Autores (2022).

Dentre as metodologias adotadas nos artigos, observou-se a aplicação de questionários, entrevistas e revisão sistemática da literatura. Todavia, a grande

predominância foi para estudos de caso com observações de indústrias, que representaram 62,5% de todos os trabalhos. Posteriormente, buscou-se as palavras-chave mais citadas pelos autores nos artigos, o que resultou nas seguintes expressões: indústria 4.0, competências e digitalização.

4.2 Análise dos conteúdos dos artigos

A par dos resultados da Revisão Sistemática da Literatura em questão, a tabela 4 traz em resumo as principais competências necessárias para o trabalhador da indústria de manufatura atuarem na indústria 4.0 abordadas pelos 16 (dezesesseis) estudos inclusos nesta pesquisa.

Tabela 4 – Principais competências na indústria 4.0 apresentadas pelas publicações (parte 1).

Título do artigo	Autor (ano)	Competências em destaque
<i>Lack of skills, knowledge and competences in Higher Education about Industry 4.0 in the manufacturing sector</i>	Romero <i>et al.</i> (2021)	Manufatura aditiva, Robótica, Ecodesign e Realidade aumentada
<i>Workplace work-integrated learning: supporting industry 4.0 transformation for small manufacturing plants by reskilling staff</i>	Rangraz e Pareto (2021)	Treinamento básico em robótica e automação
<i>A Gap Study between Employers' Expectations in Thailand and Current Competence of Master's Degree Students in Industrial Engineering under Industry 4.0</i>	Pattanapairoj <i>et al.</i> (2021)	<i>Big data</i> e conhecimento de robótica
<i>Taking Responsibility for Industrial Digitalization: Navigating Organizational Challenges</i>	Carlsson <i>et al.</i> (2022)	Internet das coisas, robótica e <i>big data</i> combinadas com a capacidade de comunicação e <i>group work</i> .
<i>An Approach to Supporting the Selection of Maintenance Experts in the Context of Industry 4.0</i>	Maliszewska e Kłos (2019)	Técnicas, metodológicas, pessoais e interpessoais
<i>Online engineering education for manufacturing technology: Is a remote experiment a suitable tool to teach competences for Working 4.0?</i>	Terkowsky <i>et al.</i> (2019)	Especificidades, Interdisciplinares, Sociais e autocompetências
<i>Empowering and engaging industrial workers with Operator 4.0 solutions</i>	Kaasinen <i>et al.</i> (2021)	Operador Inteligente, Aumentado, Virtual, Social e Analítico
<i>The technological transition of european manufacturing companies to industry 4.0. Is the human resource ready for advanced digital technologies? The case of românia</i>	Marinas <i>et al.</i> (2021)	Digitalização
<i>Framework for the Development of Affective and Smart Manufacturing Systems Using Sensorised Surrogate Models</i>	Ávila-Gutiérrez <i>et al.</i> (2021)	Realidade virtual, digitalização, robôs, humanoides, sistemas e e informação e comunicação
<i>Integration of 3D Printing and Industry 4.0 into Engineering Teaching</i>	Chong <i>et al.</i> (2018)	Simulação de dados em tempo real e otimização; manufatura aditiva e robótica avançada; estudos de manutenção e logística em realidade aumentada; inteligência artificial e <i>big data</i>

Fonte: Autores (2022).

Tabela 4 – Principais competências na indústria 4.0 apresentadas pelas publicações (parte 2).

Título do artigo	Autor (ano)	Competências em destaque
<i>The 4th industrial revolution - its impact on vocational skills</i>	Spöttl e Windelband (2021)	Competências específicas do contexto e abstratas

<i>Digital communication channels in industry 4.0 implementation: the role of internal com.</i>	Kovaitè <i>et al.</i> (2020)	Canais de comunicação digital para comunicação interna
<i>Diagnosis of the Maturity Level of Implementing Industry 4.0 Solutions in Selected Functional Areas of Management of Automotive Companies in Poland</i>	Stawiarska <i>et al.</i> (2021)	Digitalização
<i>Smart services for enhancing personal competence in industrie 4.0 digital factory.</i>	Sun <i>et al.</i> (2018)	Smart Glasses
<i>Digitized Industrial Work: Requirements, and Problems of Competence Development</i>	Baethge-Kinsky (2020)	Conhecimento de tecnologia da informação
<i>How do industry 4.0 technologies influence organisational change? An analysis of Italian</i>	Cimini <i>et al.</i> (2020)	Competências metodológicas, técnicas, pessoais e interpessoais

Fonte: Autores (2022).

Dentre os estudos analisados, o que apresentou maior nível de detalhamento e conformação ao escopo desta pesquisa foi o artigo intitulado “The 4th industrial revolution - its impact on vocational skills”, publicado em 2021 por Georg Spöttl e Lars Windelband. Nesse estudo, são apresentadas as competências requeridas dos profissionais da quarta revolução industrial, conforme mostradas na tabela 5. O artigo destaca ainda que dependendo do nível de implementação da indústria 4.0 nas empresas, a educação e formação profissional para a força de trabalho é de grande relevância e o sistema de educação profissional tem que responder às necessidades e expectativas destas mudanças no mundo do trabalho.

Tabela 5 – Competências requeridas dos profissionais da quarta revolução industrial.

O novo básico - Competências amplas	
<ul style="list-style-type: none"> • Aprender a pensar a partir do <i>software</i> • Conhecer as estruturas de rede • Aprender a dominar tecnologias <i>big data</i> • Aprender a trabalhar com uma variedade de formatos de dados • Entender e dominar processos • Aprender a assumir mais responsabilidade • Aprender a cooperar e se comunicar melhor 	<ul style="list-style-type: none"> • Aprender a iniciar inovações • Aprender a usar nuvens, integração de vários dados de máquina/dados do fabricante • Entender e considerar o impacto ambiental e social das escolhas de tecnologia e inovações • Aprender a usar os dados como matéria-prima • Aproveitar o potencial de inovação • Apoiar a competência de modelagem
Competências específicas do contexto	
<ul style="list-style-type: none"> • Resolução de problemas • Compreensão de sistemas integrados • Vinculação de diferentes controles de sistema • Pensar e trabalhar entre disciplinas • Envolver-se em novas tarefas • Aplicação de TI como ferramenta • Terceira mão (por exemplo, robôs leves) 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessidade de pensar através dos processos, para dominar processos • Dominar a operação da planta multifuncional • Trabalhar na delimitação de espaço e tempo • Consideração de toda a cadeia de valor • Manutenção, monitoramento, cuidado da tecnologia de acionamento
Competências abstratas	
<ul style="list-style-type: none"> • Habilidades de comunicação relacional e caráter investigativo • Pensamento lateral e Curiosidade • Liderança e Gestão inovadora • Visão e comunicação • Entender problemas de negócios 	<ul style="list-style-type: none"> • Criatividade, Criação, Pensamento crítico • Comunicação, Colaboração (em equipes); • Habilidades de modelagem • Espírito analítico • Coleta e mineração de dados • Respeito de procedimentos

Fonte: Adaptado de Spöttl e Windelband (2021).

Analogamente, o artigo “Online engineering education for manufacturing technology: Is a remote experiment a suitable tool to teach competences for Working 4.0, de Terkowsky *et al.* (2019), apresentaram um modelo de 18 competências, que são de

particular relevância para o contexto da indústria 4.0 divididas em: competências técnicas específicas do assunto e interdisciplinares - no que diz respeito a tecnologias concretas e estruturas organizacionais; competências sociais - no que diz respeito às estruturas de interação social; e auto competências - no que diz respeito às estruturas de personalidade individual, conforme detalhadas na tabela 6.

Tabela 6 – Competências para o contexto da indústria 4.0.

Competências	Descrição
Técnicas [Específicas do assunto] e Interdisciplinares	<ul style="list-style-type: none"> • Pensar, agir e colaborar em contextos interdisciplinares • Adaptar de forma flexível os processos de negócios à novas tecnologias, como manufatura aditiva • Projetar processos de TI no contexto de produção e usar componentes de TI para interação homem-máquina • Projetar e controlar processos de produção holísticos e complexos e estruturas de produção em rede, bem como gerenciar interfaces apropriadas (incluindo processos de resolução de problemas e otimização) • Estabelecer uma conexão entre o digital e sua realidade física • Lidar com grandes quantidades de dados e usar habilidades estatísticas apropriadas (incluindo o reconhecimento da importância dos algoritmos e o gerenciamento de dados confidenciais) • Demonstrar as competências do sistema reconhecendo elementos funcionais, identificando os limites do sistema e fazer previsões sobre o comportamento do sistema • Iniciar e implementar processos de inovação • Controlar o contexto legal do ato empresarial • Pensar ou agir estrategicamente de forma específica da empresa e usar as ferramentas de avaliação apropriadas em decisões complexas
Competências Sociais	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicar os negócios com fluência e cooperar tanto internamente (em termos de fluxos de processos) quanto externamente (em termos de clientes e relações com fornecedores) • Agir com confiança e eficácia em contextos sociais e interculturais. • Liderar unidades e equipes de produção de forma orientada para objetivos • Projetar processos de interação e cooperação com suporte digital
Autocompetências	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliar realisticamente o valor do conhecimento subjetivo da experiência e incorporá-lo de acordo a ação de alguém • Pensar e agir com autodeterminação e organização • Agir de acordo com a própria mente aberta e criatividade • Projetar e implementar sua própria aprendizagem ao longo da vida

Fonte: Adaptado de Terkowsky *et al.* (2019).

Maliszewska e Kłós (2019) analisaram as competências dos trabalhadores de manutenção em empresas de manufatura. Por sua vez, Cimini *et al.* (2020) estudaram como o paradigma I4.0 pode impactar as habilidades profissionais e competências. Entretanto, ambos os estudos destacaram no contexto da I4.0, quatro categorias de competências, usando por referência os estudos de Hecklau *et al.* (2016), conforme competências apresentadas na tabela 7.

Tabela 7 – Competências essenciais para a empresas de manufatura no contexto da indústria 4.0.

Competências	Descrição
--------------	-----------

Técnicas	Referem-se a conhecimentos de ponta, cada vez mais relacionados com TI, programação de automação e análise de dados
Metodológicas	Incluem habilidades para lidar com situações e problemas, como resolução de conflitos, criatividade e tomada de decisão
Pessoais	Incluem valores, motivações e atitudes individuais. Entre eles, é possível encontrar flexibilidade, motivação para aprender e capacidade de trabalhar sob pressão
Interpessoais	Representam habilidades sociais e habilidades para se comunicar e cooperar com outros, tais como habilidades de <i>networking</i> , liderança e capacidade de trabalhar em equipe

Fonte: Adaptado de Hecklau *et al.* (2016).

Além das competências, Romero *et al.* (2021) trazem as carências, necessidades e habilidades solicitadas sobre as Key Enabling Technologies (KETs) da indústria 4.0 (I4.0), tanto no Ensino Superior quanto no setor da madeira, do mobiliário e da indústria transformadora em toda a Europa, no artigo denominado: “Lack of skills, knowledge and competences in Higher Education about Industry 4.0 in the manufacturing”.

Atualmente, os KETs são os principais impulsionadores para a adoção do I4.0, sendo alguns deles identificados no paradigma de I4.0: RFID, IoT, Computação ubíqua, Impressão/Digitalização 3D, Sistemas físicos cibernéticos (CPS), *Big data*, Computação em nuvem, Automação avançada, Manufatura aditiva ou Sistema integração, entre outros. Os resultados extraídos mostraram que a falta de habilidades, conhecimentos e competências é um fato, sendo obrigatória a necessidade de treinamento nesses KETs da indústria 4.0, pelo menos em instituições de Ensino Superior para o setor de manufatura. Se os futuros trabalhadores e indústria querem estar preparados para a revolução I4.0, ambos devem trabalhar juntos sob o mesmo objetivo: promover a formação nas KETs de I4.0 com os resultados de aprendizagem, percurso e conteúdo para ter futuros trabalhadores e empresas competitivos, com as aptidões e competências exigidas pelo mundo globalizado (ROMERO *et al.*, 2021)

Os artigos de Chong *et al.* (2018), Baethge-Kinsky (2020), Pattanapairoj *et al.* (2021), Marinas *et al.* (2021), Ávila-Gutiérrez *et al.* (2021), Stawiarska *et al.* (2021), Carlsson *et al.* (2022) reforçam a necessidade de compreensão básica das tecnologias I4.0, tais como: digitalização, internet das coisas, robótica e big data, combinadas com a capacidade de se comunicar e trabalhar em equipe. Diante de tantas tecnologias, as organizações precisam ter clareza sobre o porquê de a digitalização ser importante, quando apropriada e quais iniciativas são benéficas. Por sua vez, os funcionários precisam entender como integrar e gerenciar as tecnologias I4.0 relacionadas ao trabalho e às tarefas, necessitando, portanto, de abordagens organizacionais para aprendizado e competência. Dessa forma, torna-se essencial entender como as organizações enfrentam desafios e estão assumindo a responsabilidade pela digitalização industrial. (CARLSSON *et al.*, 2022)

Rangraz e Pareto (2021) investigaram como uma pequena fábrica de manufatura enfrentou o desafio da transformação para a indústria 4.0 com a equipe existente. Durante dois anos da transformação realizou observações no local e entrevistas semiestruturadas e abertas em ciclos repetidos. Como resultado teve que a abordagem deve se concentrar em apoiar os funcionários para lidar com a mudança. A organização do trabalho passou de cinco linhas manuais paralelas para uma linha automática, por meio de treinamento básico em robótica e automação.

Diante dos estudos em questão percebe-se que a transformação das empresas passa pela transformação dos seus funcionários, ao que Kaasinen *et al.* (2021) destacou de “Operador 4.0” que são operadores inteligentes e habilidosos do futuro, que serão assistidos por sistemas automatizados que proporcionarão um alívio sustentável de problemas físicos e mentais, permitindo que os operadores utilizem e desenvolvam sua criatividade, habilidades inovadoras e de improvisação, sem comprometer os objetivos de produção, que podem incorporar um ou vários dos tipos de Operador 4.0 propostos na tabela 8.

Tabela 8 – Tipos de operador 4.0.

Classificação	Descrição
Operador de Superforça	Utilizam exoesqueletos
Operador Aumentado	Utilizam realidade aumentada
Operador Virtual	Opera uma fábrica virtual
Operador Saudável	Utilizam dispositivos vestíveis para rastrear o bem-estar
Operador <i>Smarter</i>	Utilizam agentes ou inteligência artificial para atividades de planejamento
Operador Social	Compartilham conhecimento usando uma rede social
Operador Analítico	Utilizam análise de <i>big data</i>

Fonte: Adaptado de Kaasinen *et al.* (2021).

Em 2018, estudos já destacavam as competências do funcionário na produção usando dispositivos inteligentes conectados. Dentre eles, foi introduzida a implementação de um sistema de localização *indoor* usando *beacons bluetooth* no chão de fábrica como parte de uma plataforma IoT corporativa. Com destaque para os *smart glasses* que processam boa portabilidade, tecnologia de sensores, conectividade e manuseio operacional, sendo capazes de fornecer informações, instruções e tutoriais em um monitor montado na cabeça enquanto o funcionário pode manter as mãos no trabalho (SUN *et al.*, 2018).

Diante de toda a necessidade de como se implementar nas indústrias as tecnologias em questão, Cimini *et al.* (2020) destacam como resultados de seus estudos que: uma estrutura organizacional enxuta suporta adoção efetiva de tecnologias I4.0; a introdução de tais tecnologias está ligada ao desenvolvimento de um novo tipo de perfil de trabalho (ou seja, o perfil de trabalho operativo autônomo); níveis mais elevados de adoção de tecnologia cria uma maior necessidade de competências não técnicas.

Por fim, o artigo “Digital communication channels in industry 4.0 implementation: the role of internal communication” de Kovaitè *et al.* (2020) realizaram uma revisão sistemática de publicações científicas e avaliação por especialistas que revelou uma lacuna entre a comunicação interna por meio de canais digitais e o processo de mudança nos modelos de negócios orientados para a indústria 4.0. Devendo, portanto, a empresa envolver seus funcionários por meios de canais de comunicação digital para comunicação interna, tais como: mensagem instantânea, streaming de teleconferências de áudio/vídeo, blogs internos, intranet, perfis de funcionários online; redes sociais; e mídia eletrônica. (KOVAITÈ *et al.* 2020).

É importante observar que todos os artigos listaram competências semelhantes e/ou equivalentes, considerando as publicações em um horizonte temporal de cinco anos, ou seja, desde 2018 até fevereiro de 2022, data de realização desta pesquisa. No geral, após análise dos artigos, verificou-se que as competências mais requeridas na indústria 4.0 são relacionadas aos conhecimentos técnicos que envolva o uso das funcionalidades e aplicações das tecnologias adotadas pela indústria, conforme sintetizado na Tabela 9.

Tabela 9 – Resumo das competências mais requeridas do trabalhador na indústria 4.0

Competências	Tecnologia	Aplicação
Técnicas	Digitalização	<ul style="list-style-type: none"> Para substituição de documentos físicos por digitais Para o armazenamento na nuvem (<i>Google Drive, Dropbox</i> etc.) Para divulgação pelo marketing digital
	<i>Big Data</i>	<ul style="list-style-type: none"> Para coletar dados ao longo do tempo e tomar decisões (<i>Google Analytics, ClearStory Data</i> e <i>IBM Watson Analytics</i>)
	Internet das Coisas	<ul style="list-style-type: none"> Para substituir mão-de-obra em processos repetitivos Para reduzir manutenções urgentes nas máquinas Para acompanhar a produtividade dos equipamentos Para monitorar processos
	Realidade Virtual e Realidade Aumentada	<ul style="list-style-type: none"> Para treinamentos e simulações nas fábricas Para manutenção dos equipamentos Para controle remoto de produção
	Robótica	<ul style="list-style-type: none"> Para automatização de tarefas
	Manufatura Aditiva	<ul style="list-style-type: none"> Para manuseio de impressora 3D

Fonte: Autores (2022).

Atualmente já não é o suficiente para as empresas diante da indústria 4.0 desenvolver apenas processos de produção, máquinas e equipamentos, devem-se investir cada vez mais na competência de seus recursos humanos. Para isso, são necessários métodos e modelos que garantam uma formação contínua eficaz e baseada em objetivos e meta, para a preparação do funcionário para essa nova realidade.

Desta forma, as instituições de ensino e as indústrias devem trabalhar em sintonia para garantir uma formação adequada para as competências técnicas dos atuais profissionais que atuam na área, bem como dos futuros profissionais que estão em formação, sendo o principal desafio formar profissionais aptos para essa nova realidade.

5. Conclusão

O conceito da indústria 4.0 (I4.0) foi introduzido em 2011 na Alemanha com base no pressuposto de que os sistemas cyber-físicos podem ser os facilitadores de uma mudança de paradigma no setor industrial (LU, 2017). Dentro da indústria 4.0, o sistema de produção é diferente do das revoluções industriais anteriores, porque se baseia em

sistemas interconectados e interoperáveis, e em tecnologias digitais avançadas que ajustam automaticamente os processos de produção (THAMES; SCHAEFER, 2017).

A partir da pesquisa inicial, percebeu-se que o tema da indústria 4.0 tem sido cada vez mais amplamente estudado, tendo em vista um retorno de 258 artigos no início, sobretudo do ano de 2021. Entretanto, a maioria desses estudos tem se preocupado apenas em destacar as tecnologias oriundas desta quarta revolução industrial, o que motivou a redução para 16 artigos, entre 2018 e 2022, que destacaram as competências do trabalhador para atuarem com essas tecnologias.

Poucos estudos revelaram lacunas de pesquisa que merecem ser exploradas, porém grande parte foi unanime em destacar a pequena amostra da pesquisa e a limitação a uma indústria do país selecionado, bem como que a transição tecnológica do setor manufatureiro para a indústria 4.0 não ocorrerá de forma homogênea, por isso, para enfrentar a digitalização industrial, as indústrias de manufatura contemporâneas precisam se concentrar na perspectiva centrada no ser humano para sentir e aproveitar as perspectivas das tecnologias I4.0.

Através desta revisão sistemática da literatura foi possível constatar que no âmbito da indústria 4.0 as competências técnicas são as mais relevantes e necessárias em comparação com as competências pessoais e sociais. Todavia, se destaca a importância do caráter humanístico como diferencial em um ambiente industrial cada vez mais digitalizado. Criatividade, adaptabilidade, liderança, trabalho em equipe, empatia, capacidade de negociar e tomar decisões são competências cada vez mais importantes e essenciais para atuar nas fábricas inteligentes. Nesse sentido, para preparar os futuros profissionais para atuação na quarta revolução industrial, as instituições de ensino e as indústrias precisam focar nas competências técnicas, além das competências sociais e pessoais que já são mais exploradas nos cursos, pelo fato de que as necessidades de mudança não apenas desafiam, mas também criam oportunidades para a conexão entre educação e empregabilidade.

Diante do exposto, a luz da teoria pesquisada e da apuração e análise dos resultados apresentados pelos 16 artigos desse estudo, a principal contribuição desse artigo foi a identificação direcionada e específica das competências necessárias ao operário da indústria de manufatura no contexto da indústria 4.0, com destaque para as competências técnicas no uso das tecnologias de digitalização, *big data*, Internet das Coisas, realidade virtual e realidade aumentada, robótica e manufatura aditiva.

O presente artigo foi realizado, considerando toda cautela na interpretação, análise e apresentação dos dados para garantir os resultados apresentados, todavia não podem ser generalizados para o universo de todas as indústrias, tendo em vista ausências de estudos publicados em outras bases de dados, bem como estudos publicados em diferentes idiomas do adotado nesta revisão sistemática da literatura. Tendo por principal dificuldade na execução desse artigo a seleção de trabalhos que foquem em competências para a indústria 4.0.

Dada a relevância do tema, como proposta de estudos futuros recomenda-se a condução de questionário com operários de indústrias, de forma a verificar se eles estão atuando e/ou aptos ao uso das tecnologias identificadas nesse estudo, constante na Tabela 9, e traçar um comparativo com o presente trabalho, bem como investigar, a partir da visão de diretores, como as instituições de ensino estão preparando os alunos para as

competências mais demandadas pelas indústrias de forma a relacionar o mundo acadêmico com o mundo industrial, auxiliando as instituições de ensino e indústrias na sugestão de ofertas de cursos e na construção de espaços para aprimorar a prática do aprendizado em ferramentas habilitadoras para a indústria 4.0.

Da mesma forma que, com os resultados da tabela 9 desenvolver um modelo de competências técnicas na I4.0 utilizando modelagem de equações estruturais e verificar quais dessas competências mais influenciam na competitividade das empresas industriais.

Referências

- AMORIM, F. K. S.; MOREIRA, C. S.; SOUZA, J. M.: Análise das competências desenvolvidas e dificuldades encontradas por discentes de ciências contábeis através do problem-based learning. **Revista Sinergia**, Rio Grande, v. 25, n. 1, p. 103- 112, jan/jun. 2021. Acesso em: 11 ago. 2021, 20:03.
- ÁVILA-GUTIÉRREZ, M.J.; AGUAYO-GONZÁLEZ, F.; LAMA-RUIZ, J.R. Framework for the Development of Affective and Smart Manufacturing Systems Using Sensorised Surrogate Models. **Sensors** 2021, 21, 2274.
- BAETHGE-KINSKY, V (2020). Digitized Industrial Work: Requirements, Opportunities, and Problems of Competence Development. **Front. Sociol.** 5:33. doi: 10.3389/fsoc.2020.00033
- BONEKAMP, L., SURE, M., 2015. Consequences of Industry 4.0 on Human Labour and Work Organization, **Journal of Business and Media Psychology**, 6(1), 33-40.
- BOUBEKEURC, Menouer; HEILALAA, Juhani; HEIKKILÄA, Päivi; KUULAA, Timo; LIINASUOA, Marja; MACHB, Sebastian; MEHTAC, Rakesh; PETÄJÄD, Esko; WALTERE, Thomas. Empowering and engaging industrial workers with Operator 4.0 solutions. **Computers & Industrial Engineering** 139 (2020) 105678. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.01.052>
- CAMPELLO, B. S.; CENDÓN, B. V.; KREMER, J. M. **Fontes de informação para pesquisadores e profissionais**. Belo Horizonte: UFMG, 2007.
- CARBONE, Pedro Paulo. **Gestão por competências e gestão do conhecimento**. 2º ed. Rio de Janeiro: FGV, 2006.
- CARLSSON, L.; OLSSON, A.K.; ERIKSSON, K. Taking Responsibility for Industrial Digitalization: Navigating Organizational Challenges. **Sustainability** 2022, 14, 866. <https://doi.org/10.3390/su14020866>
- CHONG, Siewhui; PAN, Guan-TinG; CHIN, Jitkai, SHOW, Pau Loke; YANG, Thomas Chung Kuang; HUANG, Chao-Ming. Integration of 3D Printing and Industry 4.0 into Engineering Teaching. **Sustainability** 2018, 10, 3960; doi:10.3390/su10113960
- CIMINI, C.; BOFFELLI, A.; LAGORIO, A.; KALCHSCHMIDT, M.; PINTO, R. (2020). “How do Industry 4.0 technologies influence organizational change? An empirical analysis of Italian SMEs”. **Journal of Manufacturing Technology Management**. 10.1108/JMTM-04-2019-0135
- CLARKE M, HORTON R. **Bringing it all together: Lancet- Collaborate on systematic review**. Lancet, 2001.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI. **Indústria 4.0: novo desafio para as empresas brasileiras.** Abr.2016. Disponível em: https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/e0/aa/e0aab52-53ee-4fd8-82ba-9a0ffd192db8/sondespecial_industria40_abril2016.pdf. Acesso em 13 abr. 2022.

DRESCH, A.; LACERDA, D. ANTUNES JUNIOR, J. **Design Science Research: método de pesquisa para avanço da tecnologia.** Porto Alegre: Bookmann, 2015

FERRARI, A. DIGCOMP: A framework for developing and understanding digital competence in Europe. **Publications Office of European Union**, Luxembourg (2013).

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOUGH, D.; OLIVER, S.; THOMAS, J. An introduction to systematic reviews. London: **Sage**, 2012.

HECKLAU, F., GALEITZKE, M., FLACHS, S. and KOHL, H. (2016), “Holistic Approach for Human Resource Management in Industry 4.0”, **Procedia CIRP**, The Author(s), Vol. 54, pp. 1–6.

KAASINEN, Eija; *et al.* Empowering and engaging industrial workers with Operator 4.0 solutions. **Digital Innovation: A Review and Synthesis.** Inf. Syst. J. 2021, 29, 200–223.

KOVAITĖ, Kristina; ŠŪMAKARIS, Paulius; STANKEVIČIENĖ, Jelena. Digital communication channels in industry 4.0 implementation: the role of internal communication. **Journal of Contemporary Management Issues.** Management, Vol. 25, 2020, No.1, pp. 171-191. DOI <https://doi.org/10.30924/mjcmi.25.1.10>

LOPES, I. L. Estratégia de busca na recuperação da informação: revisão da literatura. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 31, n. 2, p. 60-71, ago. 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ci/v31n2/12909.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2022.

LU, Y. (2017), “Industry 4.0: a survey on technologies, applications and open research issues”, **Journal of Industrial Information Integration**, Elsevier, Vol. 6, pp. 1-10.

MALISZEWSKA, Justyna Patalas; KŁOS, ławomir. An Approach to Supporting the Selection of Maintenance Experts in the Context of Industry 4.0. **Applied sciences** 2019, 9, 1848; doi:10.3390/app9091848

MARINAS, Marius; DINU, Marin; SOCOL, Aura Gabriela; SOCOL, Cristian. The technological transition of European manufacturing companies to industry 4.0. Is the human resource ready for advanced digital technologies? The case of Romania. **Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research**, Issue 2/2021; Vol. 55. DOI: 10.24818/18423264/55.2.21.02

MOHER, D.; LIBERATI, A.; TETZLAFF, J.; ALTMAN, D. G. The PRISMA Group. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. **PLoS Med**, n. 6, v. 7:e1000097, 2009. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>

MOON, T. **Organizational Cultural Intelligence: Dynamic Capability Perspective.** Gr. Organ. Manag. 2010, 35, 456–493.

ATTANAPAIROJ, Sirorat; NITISIRI, Krisanarach; SETHANAN, Kanchana. A Gap Study between Employers’ Expectations in Thailand and Current Competence of Master’s Degree Students in Industrial Engineering under Industry 4.0. **Production**

Engineering Archives, [S.L.], v. 27, n. 1, p. 50-57, 1 mar. 2021. Stowarzyszenie Menedzerow Jakosci i Produkcji. <http://dx.doi.org/10.30657/pea.2021.27.7>. Disponível em: <https://sciendo.com/it/article/10.30657/pea.2021.27.7>. Acesso em: 20 set. 2022.

PORTAL DE PERIÓDICOS DA CAPES/MEC. Disponível em: <http://www.periodicos.capes.gov.br/?option=com_pcollection&mn=70&smn=79&cid=81>. Acesso em: 09 abr. 2022.

RANGRAZ, Masood; PARETO, Lena (2021). Workplace work-integrated learning: supporting industry 4.0 transformation for small manufacturing plants by reskilling staff, **International Journal of Lifelong Education**, 40:1, 5-22, DOI: 10.1080/02601370.2020.1867249

RÜßMANN, M., LORENZ, M., GERBERT, P., WALDNER, M., JUSTUS, J., ENGEL, P., HARNISCH, M. (2015). Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries”. **Boston Consulting Group**, 9(1) 54- 89.

SANTOS, B. P.; ALBERTO, A.; LIMA, T. D. F. M.; CHARRUA-SANTOS, F. M. B. (2018). Indústria 4.0: desafios e oportunidades. **Revista Produção e Desenvolvimento**, 4(1), 111-124.

SCHWAB, K. (2016). **The fourth industrial revolution USA**: World Economic Forum.

SENGE, P. M. **A quinta disciplina: arte e prática da organização que aprende**. São Paulo: BestSeller, 2012.

SPÖTTL, Georg; WINDELBAND, Lars (2021). The 4th industrial revolution – its impact on vocational skills, **Journal of Education and Work**, 34:1, 29-52, DOI: 10.1080/13639080.2020.1858230

STAWIARSKA, E.; SZWAJCA, D.; MATUSEK, M.; WOLNIAK, R. Diagnosis of the Maturity Level of Implementing Industry 4.0 Solutions in Selected Functional Areas of Management of Automotive Companies in Poland. **Sustainability** 2021, 13, 4867. <https://doi.org/10.3390/su13094867>

SUN, J., et. Al. 2018. Smart services for enhancing personal competence in Industrie 4.0 digital factory. **LogForum** 14 (1), 51-57, <http://dx.doi.org/10.17270/J.LOG.2018.239>

TERKOWSKY, C.; FRYE, S.; MAY, D. Online engineering education for manufacturing technology: Is a remote experiment a suitable tool to teach competences for “Working 4.0”? **Eur J Educ**. 2019; 54:577–590. <https://doi.org/10.1111/ejed.12368>

THAMES, L., SCHAEFER, D. (2017), **Industry 4.0: An Overview of Key Benefits, Technologies, and Challenges in Cybersecurity for Industry 4.0**, Springer, pp. 1-33