

INDÚSTRIA 5.0 – NOVOS PARADIGMAS E DESAFIOS PARA INDÚSTRIA TÊXTIL

Thiago Expedito do Nascimento Makoski (PIBIC/CNPQ/FA/UEM), Celise Roder (Coorientadora), Maria Renata Moraes (Orientadora). E-mail: mrmoraes@uem.br

Universidade Estadual de Maringá/Centro de Tecnologia/Maringá, PR.

Engenharia Química – Tecnologia Têxtil – Têxteis.

Palavras-chave: indústria têxtil, desenvolvimento sustentável, economia circular.

RESUMO

O estudo aborda a transição da indústria têxtil para a Indústria 5.0, um novo paradigma que prioriza o ser humano e a sustentabilidade. O objetivo foi investigar como essa mudança pode transformar processos produtivos adotando tecnologias avançadas como IoT e inteligência artificial, promovendo práticas sustentáveis e socialmente responsáveis. A metodologia incluiu uma revisão da literatura com o auxílio do *software* StArt que selecionou e analisou os artigos, neste método foram identificadas 57 pesquisas relevantes. Os resultados mostraram que a modernização do maquinário e a capacitação contínua dos trabalhadores são essenciais para a implementação efetiva da Indústria 5.0, que visa aumentar a eficiência e criar um ambiente industrial mais humano. A discussão enfatiza a necessidade de colaboração entre governos, empresas e instituições educacionais para superar desafios e estabelecer políticas públicas de apoio. Conclui-se que, ao adotar esses novos paradigmas, a indústria têxtil pode liderar em inovação e desenvolvimento sustentável, contribuindo significativamente para a prosperidade econômica e bem-estar social.

INTRODUÇÃO

Com a chegada das tecnologias digitais, a indústria prontamente se apressou em incorporar essas inovações em suas linhas de produção, resultando no modelo de produção denominado Indústria 4.0 (I.4). Este modelo foca principalmente na automação, implementando duas tecnologias centrais: a Internet das Coisas (IoT) e os sistemas ciberfísicos. Países que já realizaram transição da Indústria 3.0 (I.3) para I.4 evidenciaram as principais carências desta, tais como a marginalização do ser humano, a falta de sustentabilidade e a ausência de resiliência. Essas deficiências são atribuídas ao foco exclusivo da I.4 em melhorar a eficiência dos processos, negligenciando inadvertidamente os custos humanos decorrentes da otimização (NAHAVANDI, 2019).

Em resposta a essas limitações, surge a ideia da Indústria 5.0 (I.5), cujo principal objetivo é colocar o ser humano novamente no centro da indústria, incorporando as tecnologias da I.4 com um foco diferente, voltado para o humano centrismo, a sustentabilidade e a resiliência.

A indústria têxtil tem sido central em todas as revoluções industriais desde o início, sendo uma das que mais avançam em tecnologia e inovação em busca do lucro, substituindo a mão de obra por máquinas autônomas. Esse fenômeno não é diferente na I.4, onde a incorporação de máquinas e robôs visa maximizar a eficiência, resultando na substituição de um grande número de postos de trabalho. Esse desenvolvimento pode acarretar novos desafios sociais sem precedentes. Por isso, a incorporação da I.5 no setor têxtil é de suma importância, uma vez que prioriza o bem-estar social, a sustentabilidade e a resiliência.

Esse estudo teve como objetivo identificar os principais estudos publicados sobre a I.5, seus novos paradigmas e desafios, em especial na indústria têxtil, através da realização de uma revisão sistemática.

REVISÃO DE LITERATURA

Foi realizada a revisão de escopo através da busca de artigos nas bases de dados: *ScienceDirect*, *Scopus*, *Web of Science* e *Engineering* como também em anais de congresso. Para realizar essa busca utilizou-se os seguintes operadores booleanos: *(Textile industry) AND (Industry 5.0)* ; *(Textile industry OR Industry 5.0) AND (Sustainability OR Human-Centric)* ; *(Textile industry OR Industry 5.0) AND (Sustainability OR Human-Centric OR Internet of things)* ; *(Textile industry AND Industry 5.0) AND (sustainability OR human-centric)* ; *(Textile industry OR Industry 5.0) AND (sustainability AND human-centric)* ; *(Industry 5.0 OR Textile industry) AND (Industry 4.0) AND (Sustainability)*.

Empregou-se o *software* de suporte denominado StArt (3.0.3). que facilita a organização dos arquivos, realizando a classificação automática de artigos duplicados, e possibilitou a visualização de informações detalhadas sobre cada publicação, abrangendo aspectos como nome, autores, palavras-chave, periódico, ano e resumo. Adicionalmente, o StArt oferece a capacidade de aplicar filtros e conduzir análises específicas.

A seleção dos artigos científicos foi realizada em três etapas seguindo o critério de SANCHES et al. (2018). Na primeira etapa, foi construída uma cadeia de busca a partir da combinação de autores, os quais foram submetidos ao banco de dados relacionado. Na segunda etapa, aplicaram-se filtros, como a disponibilidade de texto livre e completo, idiomas (inglês, português e espanhol) e data de publicação nos últimos quatro anos. Os artigos resultantes foram armazenados sequencialmente no programa StArt, com as obras repetidas sendo documentadas apenas uma vez. Nesta fase, os títulos e os autores foram analisados para verificar a pertinência à questão da pesquisa. Na terceira e última etapa, os artigos pré-selecionados foram

lidos na íntegra para identificar com precisão sua relevância para a pesquisa. Dados relevantes foram extraídos para posterior análise e redação do artigo de revisão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos da aplicação da metodologia resultaram em um total de 9.927 artigos. Desses, 5.836 foram excluídos devido a duplicações, e 3.765 foram eliminados após a avaliação dos títulos, resumos, palavras-chave e disponibilidade integral, uma vez que não estavam alinhados com os objetivos do estudo. Como resultado, 329 artigos foram selecionados para uma leitura completa, com o objetivo de escolher aqueles que seriam incorporados na presente pesquisa. O filtro final baseou-se naqueles artigos que abordavam aspectos gerais da I.5, processos relacionados à indústria têxtil e a economia circular (EC). Dos 329 artigos pré-selecionados, 57 foram filtrados para compor a base teórica da revisão de escopo.

O Surgimento da I.5, surge através da Comissão Europeia de Pesquisa e Inovação, visa criar uma indústria sustentável, centrada no ser humano, na sustentabilidade e na resiliência. Essa nova fase industrial busca instaurar um processo de produção personalizado em grande escala, utilizando tecnologias já existentes da I.4, como big data, IoT e sistemas ciberfísicos, além de novas tecnologias como blockchain, redes 6G e cobots. A resiliência é um elemento inerente à I.5, destacando-se pela capacidade de manter ou restaurar rapidamente um estado estável e orientar mudanças proativas durante e após eventos disruptivos, sejam eles geopolíticos, ambientais ou emergências, como a pandemia de COVID-19 e as mudanças climáticas causadas pelo ser humano.

A evolução industrial é um processo natural e essencial para o setor têxtil, que está fortemente conectado aos pilares da I.5, como resiliência e humano centrismo, com uma ênfase especial na sustentabilidade. Sendo a segunda maior indústria poluidora do mundo (MARQUESONE et al., 2022), a transição para I.5 é crucial, pois utiliza tecnologias para minimizar o uso de recursos naturais escassos. O conceito de EC é destaca-se neste contexto, promovendo a redução, reciclagem e reutilização de matérias-primas, diminuindo os impactos ambientais do processo produtivo. Uma estratégia para promover a sustentabilidade em sinergia com a EC garantir a rastreabilidade da origem dos produtos e resíduos, facilitada pelo uso do blockchain. A EC é particularmente importante para a indústria têxtil, pois estima-se que cerca de 75% dos resíduos têxteis pré-consumo nos Estados Unidos possam ser desviados de aterros e reintegrados ao ciclo produtivo por meio de práticas de reciclagem (CHAND et al., 2023).

Os principais desafios da transição para a Indústria 5.0 incluem o alto custo inicial, a investimentos em tecnologias ainda em desenvolvimento, barreiras tecnológicas para pequenas empresas e a lacuna de competências que pode acentuar a polarização dos empregos. Além disso, há desafios regulatórios relacionados a falhas em sistemas automatizados e a adaptação dos processos existentes para novas tecnologias. A personalização em massa exige adaptação contínua devido às

mudanças nos gostos dos consumidores. No contexto da produção centrada no ser humano, é crucial configurar tecnologias amigáveis e confiáveis, com a confiança humana nas tecnologias da I.5 sendo essencial. Para garantir a adoção eficaz das novas tecnologias, é necessário oferecer formação contínua aos trabalhadores, promovendo uma interação homem-máquina fluida, melhorando o desempenho da equipe, aprimorando as habilidades dos trabalhadores e oferecendo melhores oportunidades de carreira.

CONCLUSÕES

A transição da Indústria 4.0 para a 5.0 oferece uma oportunidade única para a indústria têxtil reestruturar seus processos produtivos, adotando tecnologias avançadas como IoT, inteligência artificial e sistemas ciberfísicos para promover práticas mais sustentáveis e socialmente responsáveis. No entanto, a transição enfrenta desafios como altos custos de implementação e a necessidade de constante capacitação dos trabalhadores. Para superar esses obstáculos, é essencial uma colaboração efetiva entre governos, empresas e instituições educacionais, com o estabelecimento de políticas públicas e incentivos financeiros, além da disponibilização de programas de formação e requalificação para preparar a força de trabalho para os desafios da nova era industrial.

AGRADECIMENTOS

A Fundação Araucária e a Universidade Estadual de Maringá pelo financiamento da pesquisa – PIBIC/FA/UEM.

REFERENCIAS

CHAND, S.; CHAND, S; RAULA, B. Textile and apparel industries waste and its sustainable management approaches. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 25, n. 6, p. 3132–3143, jun. 2023. Disponível em: doi.org/10.1007/s10163-023-01761-1. Acesso em: 20 out. 2023.

MARQUESONE, R. F. P.; CARVALHO, T. C. M. B. Examining the Nexus between the Vs of *Big Data* and the Sustainable Challenges in the Textile Industry. **Sustainability**, v. 14, n. 8, p. 4638, abr. 2022. Disponível em: doi.org/10.3390/su14084638. Acesso em: 10 nov. 2023.

NAHAVANDI, S. Industry 5.0—A human-centric solution. **Sustainability**, v. 11, n. 16, p. 4371, maio/ago. 2019. Disponível em: doi.org/10.3390/su11164371. Acesso em: 6 out. 2023.

SANCHES, K. D. S.; RABIN, E. G.; TEIXEIRA, P. T. D. O. Cenário da publicação científica dos últimos 5 anos sobre cuidados paliativos em oncologia: revisão de escopo. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 52, jan. 2018. Disponível em: doi.org/10.1590/S1980-220X2017009103336. Acesso em: 29 set. 2023.