

INDÚSTRIA 4.0, A ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E A TRANSFORMAÇÃO DIGITAL: IMPACTOS E DESAFIOS NOS SISTEMAS PRODUTIVOS.

INDUSTRY 4.0, PRODUCTION ENGINEERING AND DIGITAL
TRANSFORMATION: IMPACTS AND CHALLENGES IN PRODUCTION
SYSTEMS.

Engenharias, Ciências Sociais Aplicadas • 25/10/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/792819092](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/792819092)

David Lopes Maciel¹

Brício Rocha Borges de Almeida²

Natiele Vieira de Oliveira Maciel³

Clélio Rodrigo Paiva Rafael⁴

Fabício Moraes de Almeida⁵

RESUMO

A Indústria 4.0 representa um novo paradigma industrial caracterizado pela integração de tecnologias digitais aos sistemas produtivos, promovendo elevados níveis de automação, conectividade e tomada de decisão em tempo real. De acordo com Schwab (2016), a quarta revolução industrial é marcada pela convergência entre os domínios físico, digital e biológico, alterando significativamente os modelos tradicionais de produção. Nesse contexto, a Engenharia de Produção assume papel estratégico ao integrar métodos, técnicas e ferramentas voltadas à otimização dos sistemas produtivos. O presente trabalho científico tem como objetivo analisar o papel da Engenharia de Produção na Indústria 4.0, identificando suas principais contribuições, desafios e impactos nos sistemas produtivos. A metodologia adotada consiste em uma pesquisa de natureza qualitativa, baseada em revisão bibliográfica com aplicação do método PRIA, com levantamento de obras clássicas da Engenharia de Produção e estudos contemporâneos relacionados à Indústria 4.0. Os resultados indicam que a Engenharia de Produção atua como elemento integrador entre tecnologia e gestão, sendo responsável por viabilizar a implementação de sistemas produtivos inteligentes. Segundo Slack e Brandon-Jones (2018), a gestão eficiente das operações continua sendo essencial para o desempenho organizacional, mesmo em ambientes altamente digitalizados. Além disso, Hermann, Pentek e Otto (2016) destacam que a Indústria 4.0 exige interoperabilidade, integração sistêmica e capacidade de resposta em tempo real. Conclui-se que a Engenharia de Produção desempenha papel fundamental na transição para a Indústria 4.0, ampliando seu escopo de atuação e exigindo novas competências relacionadas à análise de dados, integração tecnológica e gestão da inovação, contribuindo para o aumento da competitividade organizacional.

Palavras-chave: Engenharia de Produção; Indústria 4.0; Sistemas Produtivos; Gestão; Transformação Digital.

ABSTRACT

Industry 4.0 represents a new industrial paradigm characterized by the integration of digital technologies into production systems, promoting high levels of automation, connectivity, and real-time decision-making. According to Schwab (2016), the Fourth Industrial Revolution is marked by the convergence of the physical, digital, and biological domains, significantly altering traditional production models. In this context, Production Engineering assumes a strategic role by integrating methods, techniques, and tools aimed at the optimization of production systems. This study aims to analyze the role of Production Engineering within Industry 4.0, identifying its primary contributions, challenges, and impacts on production systems. The methodology consists of a qualitative research approach based on a literature review applying the PRIA method, surveying classical works in Production Engineering and contemporary studies related to Industry 4.0. The results indicate that Production Engineering acts as an integrating element between technology and management, enabling the implementation of smart production systems. According to Slack and Brandon-Jones (2018), efficient operations management remains essential for organizational performance, even in highly digitized environments. Furthermore, Hermann, Pentek, and Otto (2016) emphasize that Industry 4.0 requires interoperability, systemic integration, and real-time responsiveness. It is concluded that Production Engineering plays a fundamental role in the transition to Industry 4.0, expanding its scope of action and demanding new competencies related to data analysis, technological integration, and innovation management, thereby contributing to increased

organizational competitiveness.

Keywords: Production Engineering; Industry 4.0; Production Systems; Management; Digital Transformation.

1. INTRODUÇÃO

A Engenharia de Produção tem como objeto de estudo o planejamento, a operação, o controle e a melhoria dos sistemas produtivos, articulando processos de fabricação, qualidade, tomada de decisão, análise econômica, projeto de produto e organização das instalações industriais. Além desses fundamentos, a área também se relaciona à gestão integrada dos sistemas produtivos, especialmente por meio da cadeia de suprimentos, do planejamento e controle da produção, dos sistemas de informação e da gestão do conhecimento organizacional (Slack; Brandon-Jones, 2018; Paladini, 2019; Groover, 2014; Lachtermacher, 2016; Blank; Tarquin, 2012; Baxter, 2011; Tompkins et al., 2010; Nonaka; Takeuchi, 1997).

De forma geral, com o avanço da Indústria 4.0, os sistemas produtivos passam a incorporar tecnologias digitais, conectividade, automação, integração de dados em tempo real, sistemas ciberfísicos e manufatura inteligente. Esse novo paradigma altera os modelos tradicionais de produção e gestão, exigindo maior articulação entre tecnologia, informação e estratégia organizacional (Kagermann; Wahlster; Helbig, 2013; Lasi et al., 2014; Hermann; Pentek; Otto, 2016; Lee et al., 2015; Schwab, 2016).

Diante desse contexto, o problema de pesquisa consiste em compreender como a Engenharia de Produção se insere na Indústria 4.0 e quais são suas principais contribuições e desafios nos sistemas produtivos contemporâneos. O objetivo geral é analisar

essa inserção, considerando seus fundamentos, sua relação com a gestão integrada dos sistemas produtivos e os desafios decorrentes da transformação digital. De fato, a pesquisa justifica-se pela necessidade de compreender como a digitalização altera processos, decisões e formas de geração de valor, impactando a competitividade, a produtividade, o desempenho organizacional e os processos de controle e aprendizagem nas organizações (Porter, 1989; Gunasekaran et al., 2017; Brynjolfsson; McAfee, 2014; Zuboff, 1988).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A revisão da literatura apresenta os principais fundamentos teóricos relacionados à Engenharia de Produção, à gestão integrada dos sistemas produtivos e à Indústria 4.0. Dessa forma, organiza-se em cinco eixos: fundamentos da Engenharia de Produção; gestão integrada dos sistemas produtivos; conceitos e tecnologias da Indústria 4.0; estratégia, competitividade e desafios; e a inserção da Engenharia de Produção nesse novo contexto produtivo.

Na fundamentação metodológica do artigo técnico-científico, Maciel et al. (2026) afirmam que o método PRIA foi desenvolvido para otimizar o processo de revisão de literatura, incorporar ferramentas baseadas em inteligência artificial com maior precisão e rapidez nas análises e democratizar o acesso à metodologia por meio do uso de ferramentas abertas ou amplamente acessíveis. Além disso, o método é descrito como um modelo organizado em cinco fases claramente definidas, com objetivos específicos, atividades práticas, ferramentas tecnológicas associadas e resultados esperados para cada etapa.

2.1. Fundamentos da Engenharia de Produção

A Engenharia de Produção reúne fundamentos voltados à organização, análise e melhoria dos sistemas produtivos, articulando recursos, processos, pessoas, informações e decisões. Neste tópico, são abordados sistemas produtivos, qualidade, processos de fabricação, tomada de decisão, engenharia econômica, projeto de produto, layout e instalações, por constituírem bases essenciais para compreender a atuação da área nos ambientes industriais contemporâneos (Slack; Brandon-Jones, 2018; Paladini, 2019; Groover, 2014).

Esses fundamentos permitem compreender como os sistemas produtivos são estruturados, avaliados e aprimorados para alcançar eficiência, qualidade, redução de custos e melhor desempenho organizacional. No contexto da Indústria 4.0, essa base teórica se torna ainda mais relevante, pois a adoção de tecnologias digitais exige integração entre conhecimento técnico, gestão da produção e tomada de decisão.

2.1.1. Sistemas Produtivos

Os sistemas produtivos constituem a base de atuação da Engenharia de Produção, pois realizam a transformação de insumos em bens e serviços por meio da integração de recursos físicos, humanos, tecnológicos e informacionais. Esses sistemas envolvem processos organizados de conversão de entradas, como matéria-prima, energia e informação, em saídas capazes de gerar valor ao cliente, podendo assumir diferentes configurações produtivas conforme o volume, a variedade e as características operacionais da produção (Slack; Brandon-Jones, 2018).

A eficiência dos sistemas produtivos depende da forma como processos, equipamentos, pessoas e fluxos de materiais são organizados e gerenciados. Nesse sentido, a gestão do sistema produtivo deve considerar dimensões como custo, qualidade, flexibilidade, confiabilidade e rapidez, pois esses fatores influenciam diretamente o desempenho operacional e a competitividade das organizações (Groover, 2014; Slack; Brandon-Jones, 2018).

2.1.2. Engenharia de Qualidade

A qualidade constitui um dos fundamentos centrais da Engenharia de Produção, pois está relacionada à capacidade dos sistemas produtivos de atender às necessidades dos clientes e garantir adequação ao uso. Para Paladini (2019), a qualidade não se limita às características técnicas do produto, envolvendo também atributos associados à satisfação do consumidor, à consistência dos processos e ao desempenho organizacional.

Na gestão da produção, a engenharia de qualidade evoluiu de uma abordagem centrada na inspeção para uma perspectiva sistêmica, baseada em controle de processos, prevenção de falhas, padronização e melhoria contínua. Assim, além de reduzir retrabalho e desperdícios, a qualidade passa a atuar como elemento estratégico para fortalecer a confiabilidade, a eficiência e a competitividade das organizações (Slack; Brandon-Jones, 2018; Paladini, 2019).

2.1.3. Processos de Fabricação

Os processos de fabricação constituem elementos centrais dos sistemas produtivos, pois são responsáveis pela transformação física dos materiais em produtos acabados. Segundo Groover (2014), esses

processos envolvem operações e técnicas voltadas à modificação da forma, das propriedades ou da aparência dos materiais, podendo incluir conformação, usinagem, fundição, soldagem e acabamento, conforme o tipo de produto, o volume de produção, o custo e o nível de precisão exigido.

Na Engenharia de Produção, a escolha e a gestão dos processos de fabricação devem considerar eficiência operacional, qualidade, flexibilidade e confiabilidade. A coordenação adequada entre as etapas produtivas contribui para reduzir desperdícios, otimizar o fluxo de materiais e aumentar a produtividade, alinhando os processos aos objetivos organizacionais (Groover, 2014; Slack; Brandon-Jones, 2018).

2.1.4. Tomada de Decisão

A tomada de decisão constitui elemento essencial da Engenharia de Produção, pois envolve a escolha de alternativas que impactam diretamente o desempenho dos sistemas produtivos. Segundo Lachtermacher (2016), esse processo exige a análise de problemas, cenários, restrições e objetivos, sendo apoiado por métodos como a Pesquisa Operacional, que utiliza modelos matemáticos e técnicas analíticas para otimizar recursos, reduzir custos e aumentar a eficiência.

Além dos aspectos quantitativos, a tomada de decisão também envolve fatores qualitativos, como experiência, conhecimento organizacional e contexto estratégico. Em sistemas produtivos cada vez mais complexos, a integração de dados e o uso de sistemas de apoio à decisão tornam-se fundamentais para reduzir incertezas e orientar escolhas relacionadas à qualidade, custo, flexibilidade,

confiabilidade e rapidez (Lachtermacher, 2016; Slack; Brandon-Jones, 2018).

2.1.5. Engenharia Econômica

A engenharia econômica constitui uma área fundamental da Engenharia de Produção, pois apoia a avaliação de alternativas de investimento e a tomada de decisão sob a perspectiva econômica. Seu objetivo é comparar custos, receitas e benefícios ao longo do tempo, considerando o valor do dinheiro no tempo e a viabilidade das escolhas realizadas nos sistemas produtivos (Blank; Tarquin, 2012).

Entre seus principais instrumentos estão o valor presente líquido (VPL), a taxa interna de retorno (TIR), o payback, a análise de sensibilidade e a comparação de alternativas. Esses métodos auxiliam decisões relacionadas à aquisição de equipamentos, expansão da capacidade produtiva, escolha de tecnologias e substituição de ativos, permitindo alinhar investimentos aos objetivos estratégicos da organização (Blank; Tarquin, 2012).

2.1.6. Projeto de Produto

O projeto de produto constitui uma atividade essencial na Engenharia de Produção, pois envolve a concepção, o desenvolvimento e a especificação de bens capazes de atender às necessidades dos clientes e às exigências do mercado. Segundo Baxter (2011), esse processo deve ser compreendido de forma estruturada, desde a identificação da oportunidade até a definição das características finais do produto, transformando necessidades e expectativas em soluções técnicas viáveis.

Nesse contexto, o projeto de produto assume caráter estratégico, pois maximiza competitividade, a aceitação de mercado e o desempenho econômico da organização. Sua elaboração exige equilíbrio entre funcionalidade, desempenho, custo, qualidade, segurança, confiabilidade e estética, além de considerar materiais, processos de fabricação, tempo de produção, custos operacionais e logística associada ao produto (Baxter, 2011).

Na perspectiva da Engenharia de Produção, o projeto de produto conecta inovação, mercado e produção. As decisões tomadas nessa etapa afetam o uso de recursos, a eficiência dos processos, a qualidade final e os custos ao longo do ciclo de vida do produto. Por isso, o desenvolvimento de produtos deve integrar criatividade, análise técnica, viabilidade econômica e objetivos estratégicos da organização (Baxter, 2011).

2.1.7. Layout e Instalações

O layout e as instalações industriais constituem elementos fundamentais da Engenharia de Produção, pois organizam fisicamente máquinas, equipamentos, áreas de trabalho, fluxos de materiais e pessoas dentro do sistema produtivo. Segundo Tompkins et al. (2010), o planejamento do layout busca otimizar o desempenho das operações, influenciando produtividade, custos, segurança, qualidade, movimentação interna e utilização da capacidade produtiva.

Os layouts podem assumir diferentes configurações, como layout por processo, por produto, celular e por posição fixa, cada uma adequada a determinado volume, variedade e tipo de produção. Além da escolha do arranjo físico, o planejamento das instalações

deve considerar fluxo de materiais, proximidade entre operações, ergonomia, acessibilidade, possibilidade de expansão e alinhamento com a estratégia da empresa, pois um layout bem estruturado reduz desperdícios, evita gargalos e melhora a eficiência operacional (Tompkins et al., 2010).

2.1.8. Cadeia de Suprimentos

A cadeia de suprimentos constitui um dos principais eixos da gestão integrada dos sistemas produtivos, pois articula fluxos de materiais, informações e decisões ao longo da rede formada por fornecedores, produção, distribuição e clientes. Essa abordagem amplia o foco da unidade produtiva isolada para uma visão sistêmica, na qual o desempenho organizacional depende da coordenação entre os diferentes elos da cadeia e da sincronização dos fluxos produtivos e logísticos (Slack; Brandon-Jones, 2018).

Além da dimensão operacional, a cadeia de suprimentos possui forte componente informacional e estratégico. A troca de informações entre os agentes reduz incertezas, melhora o planejamento, evita rupturas, minimiza estoques excessivos e fortalece a capacidade de resposta ao mercado. Nesse contexto, a integração entre processos, conhecimento organizacional e objetivos estratégicos torna-se essencial para elevar a eficiência e a competitividade dos sistemas produtivos (Nonaka; Takeuchi, 1997; Slack; Brandon-Jones, 2018).

2.1.9. Planejamento e Controle da Produção (PCP)

O Planejamento e Controle da Produção (PCP) constitui um dos principais mecanismos de coordenação dos sistemas produtivos, pois organiza, programa e monitora as atividades necessárias ao

atendimento da demanda com eficiência e confiabilidade. Segundo Slack e Brandon-Jones (2018), o PCP envolve decisões sobre o que produzir, quanto produzir, quando produzir e quais recursos utilizar, articulando níveis estratégicos, táticos e operacionais da produção.

Além de coordenar recursos produtivos, como máquinas, equipamentos, materiais e mão de obra, o PCP contribui para reduzir ociosidade, evitar sobrecargas, controlar desvios e melhorar o nível de serviço ao cliente. Sua integração com sistemas de informação e com a cadeia de suprimentos permite maior precisão no planejamento, rapidez na atualização dos dados e melhor capacidade de resposta diante de variações na demanda, falhas operacionais e restrições produtivas (Slack; Brandon-Jones, 2018).

2.1.10. Gestão do Conhecimento

A gestão do conhecimento constitui elemento fundamental na gestão integrada dos sistemas produtivos, pois está relacionada à capacidade das organizações de criar, compartilhar e utilizar conhecimento para melhorar processos e resultados. Na Engenharia de Produção, essa dimensão assume relevância estratégica, uma vez que a eficiência produtiva depende não apenas de recursos físicos e tecnológicos, mas também da forma como o conhecimento é gerado, organizado e aplicado no contexto organizacional.

De acordo com Nonaka e Takeuchi (1997), o conhecimento organizacional resulta da interação entre conhecimento tácito, associado à experiência e às habilidades individuais, e conhecimento explícito, registrado em documentos, procedimentos e sistemas de informação. Nesse sentido, a integração da informação, o uso de sistemas organizacionais e a aprendizagem contínua favorecem a

inovação, a melhoria dos processos e a competitividade dos sistemas produtivos (Nonaka; Takeuchi, 1997; Slack; Brandon-Jones, 2018).

2.2. Conceitos e Tecnologias da Indústria 4.0

A Indústria 4.0 representa um novo paradigma dos sistemas produtivos, caracterizado pela integração entre tecnologias digitais, processos físicos e sistemas de informação. Associada à Quarta Revolução Industrial, essa transformação modifica os modelos de produção, gestão e organização do trabalho, ao aproximar os domínios físico, digital e informacional (Schwab, 2016; Kagermann; Wahlster; Helbig, 2013).

Esse paradigma envolve tecnologias como internet das coisas, sistemas ciberfísicos, computação em nuvem, análise de grandes volumes de dados e manufatura inteligente, permitindo maior conectividade, automação, flexibilidade e capacidade de resposta em tempo real. Assim, a Indústria 4.0 não se limita à adoção de ferramentas digitais, mas redefine a forma como os sistemas produtivos são organizados, gerenciados e integrados (Lasi et al., 2014; Hermann; Pentek; Otto, 2016; Lee et al., 2015).

2.2.1. Princípios da Indústria 4.0

Os princípios da Indústria 4.0 orientam o funcionamento dos sistemas produtivos em ambientes digitais, conectados e orientados por dados. Hermann, Pentek e Otto (2016) destacam como princípios centrais a interoperabilidade, a virtualização, a descentralização, a capacidade de resposta em tempo real e a modularidade, os quais estruturam a forma como máquinas, sistemas, dispositivos e plataformas se comunicam, operam e apoiam decisões produtivas.

A interoperabilidade permite a comunicação integrada entre diferentes elementos do sistema produtivo, enquanto a virtualização possibilita representar digitalmente processos físicos para monitoramento e simulação. A descentralização amplia a autonomia operacional, a resposta em tempo real permite ajustes contínuos com base em dados atualizados, e a modularidade favorece a adaptação dos sistemas a mudanças de demanda, produtos e processos. Assim, esses princípios redefinem a lógica de organização da produção, tornando-a mais dinâmica, flexível e interconectada (Hermann; Pentek; Otto, 2016).

2.2.2. Tecnologias (IoT, IA, Big Data, CPS)

A consolidação da Indústria 4.0 está associada à incorporação de tecnologias que viabilizam integração, automação e inteligência nos sistemas produtivos. Entre as principais, destacam-se a Internet das Coisas (IoT), a Inteligência Artificial (IA), o Big Data e os Sistemas Ciberfísicos (CPS), que atuam de forma complementar na criação de ambientes produtivos conectados, orientados por dados e capazes de responder dinamicamente às condições operacionais (Lasi et al., 2014; Lee et al., 2015).

A IoT permite a conexão de sensores, máquinas e equipamentos para coleta e compartilhamento contínuo de dados; a IA contribui para identificar padrões, prever falhas e apoiar decisões; o Big Data possibilita analisar grandes volumes de informações geradas pelos processos; e os CPS integram sistemas físicos e computacionais para monitoramento, controle e automação. Em conjunto, essas tecnologias ampliam a visibilidade, a precisão e a adaptabilidade dos sistemas produtivos, redefinindo sua lógica de funcionamento (Lasi et al., 2014; Lee et al., 2015).

2.3. Estratégia na Indústria 4.0

A dimensão estratégica da Indústria 4.0 está relacionada à forma como as organizações reposicionam recursos, processos e capacidades diante das transformações tecnológicas e informacionais. Nesse contexto, a adoção de tecnologias digitais não deve ser compreendida apenas como modernização operacional, mas como parte de uma lógica de alinhamento entre tecnologia, objetivos organizacionais e geração de valor. Para Porter (1989), a estratégia está associada à forma como a empresa estrutura e coordena suas atividades para obter desempenho superior.

A transformação digital amplia a integração entre operações, dados e decisões, exigindo que a estratégia organizacional considere conectividade, análise de dados, flexibilidade produtiva e capacidade de adaptação. Assim, decisões relacionadas à produção, logística, informação e gestão passam a compor uma arquitetura integrada de criação de valor, na qual tecnologia e gestão precisam atuar de forma sistêmica para gerar desempenho competitivo (Brynjolfsson; McAfee, 2014; Gunasekaran et al., 2017).

2.3.1. Vantagem Competitiva

A vantagem competitiva constitui um dos principais objetivos estratégicos das organizações, pois está relacionada à capacidade de obter desempenho superior por meio da organização e execução de suas atividades produtivas. Para Porter (1989), essa vantagem decorre da forma como a empresa estrutura sua cadeia de valor, seja para gerar maior valor ao cliente, seja para operar com menores custos.

No contexto da Indústria 4.0, a vantagem competitiva passa a depender da integração entre tecnologia, informação, processos produtivos e cadeia de suprimentos. A digitalização amplia a visibilidade operacional, melhora o controle das atividades e fortalece a capacidade analítica das organizações, permitindo decisões mais precisas, maior flexibilidade, redução de falhas e resposta mais rápida ao mercado (Brynjolfsson; McAfee, 2014; Gunasekaran et al., 2017).

2.3.2. Transformação Digital

A transformação digital refere-se à incorporação de tecnologias digitais aos sistemas produtivos e organizacionais, promovendo mudanças na forma como as operações são realizadas, as decisões são tomadas e o valor é gerado. No contexto da Indústria 4.0, esse processo não se limita à adoção de ferramentas tecnológicas, mas envolve a reconfiguração de processos, estruturas organizacionais e práticas de gestão da produção (Brynjolfsson; McAfee, 2014).

Essa transformação amplia a automação, o processamento de informações, a conectividade e a integração entre atividades, favorecendo maior eficiência, controle e capacidade de resposta. No entanto, seus resultados dependem da adaptação dos processos e da capacidade organizacional de interpretar dados, coordenar áreas, revisar práticas gerenciais e desenvolver novas competências em ambientes produtivos cada vez mais digitais (Brynjolfsson; McAfee, 2014; Zuboff, 1988).

2.3.3. Desafios e Limitações

A implementação da Indústria 4.0, embora ofereça avanços importantes aos sistemas produtivos, apresenta desafios

tecnológicos, organizacionais, econômicos e humanos. Um dos principais pontos críticos está na integração entre sistemas, processos e tecnologias, pois a adoção de soluções digitais exige compatibilidade entre plataformas, padronização de dados e coordenação entre áreas organizacionais.

Outro desafio relevante se refere aos investimentos necessários para implantação de sistemas avançados, aquisição de equipamentos e adaptação da infraestrutura produtiva. Nesse contexto, a análise econômica torna-se fundamental para avaliar a viabilidade dos investimentos, considerando custos, benefícios e riscos. Além disso, a qualificação da força de trabalho é indispensável, pois ambientes digitalizados exigem profissionais com competências técnicas, analíticas e gerenciais mais desenvolvidas.

A gestão da informação também representa uma limitação importante, uma vez que o aumento do volume de dados exige capacidade de armazenamento, processamento, análise, segurança e confiabilidade. Além disso, a informatização modifica formas de controle, organização do trabalho e cultura organizacional, exigindo revisão de processos, adaptação gerencial e atenção à dependência tecnológica dos sistemas produtivos (Zuboff, 1988).

2.4. A Engenharia de Produção na Indústria 4.0

A Engenharia de Produção assume papel estratégico no contexto da Indústria 4.0 por articular fundamentos clássicos da gestão da produção com novas exigências tecnológicas, informacionais e organizacionais. A digitalização dos sistemas produtivos não elimina os princípios tradicionais da área, mas amplia sua complexidade e exige maior capacidade de análise, coordenação e adaptação.

Nesse cenário, a Engenharia de Produção contribui para alinhar tecnologias digitais aos objetivos produtivos e organizacionais. Sua relevância está na capacidade de interpretar os sistemas produtivos de forma integrada, considerando eficiência, qualidade, custos, flexibilidade, tomada de decisão e competitividade.

2.4.1. Novo Papel do Engenheiro de Produção

No contexto da Indústria 4.0, o papel do engenheiro de produção passa por ampliação significativa. Além das atividades tradicionais relacionadas à melhoria de processos, controle da produção, qualidade, custos e eficiência operacional, esse profissional passa a atuar também na interpretação de dados, na integração de sistemas e na análise de tecnologias digitais.

Essa mudança exige competências técnicas, gerenciais e informacionais. O engenheiro de produção precisa compreender os fundamentos dos sistemas produtivos e, ao mesmo tempo, avaliar a viabilidade técnica e econômica das soluções digitais, identificar gargalos, medir resultados e propor ajustes coerentes com os objetivos organizacionais.

Dessa forma, o engenheiro de produção torna-se agente de mudança nas organizações, contribuindo para a integração entre pessoas, processos e tecnologias. Sua relevância aumenta porque os sistemas produtivos tornam-se mais complexos e exigem profissionais capazes de transformar dados em decisões e tecnologias em resultados produtivos.

2.4.2. Síntese Teórica

A análise desenvolvida permite compreender que a Engenharia de Produção e a Indústria 4.0 são campos complementares. Enquanto a Indústria 4.0 oferece tecnologias capazes de ampliar conectividade, automação e inteligência nos sistemas produtivos, a Engenharia de Produção fornece métodos de gestão, planejamento, controle e análise necessários para transformar essas tecnologias em resultados organizacionais.

Os fundamentos clássicos da Engenharia de Produção permanecem relevantes em ambientes digitalizados, pois qualidade, eficiência, tomada de decisão, análise econômica, organização de processos, projeto de produto, cadeia de suprimentos e planejamento da produção continuam essenciais. Assim, a transformação digital não reduz a importância da área; ao contrário, amplia a necessidade de integrar tecnologia, gestão e objetivos estratégicos de forma coerente.

3. METODOLOGIA E AS TÉCNICAS DE PESQUISA

A presente pesquisa caracteriza-se como uma revisão bibliográfica de natureza qualitativa, desenvolvida com o objetivo de analisar a inserção da Engenharia de Produção no contexto da Indústria 4.0. A escolha desse tipo de pesquisa está alinhada ao formato de monografia adotado neste TCC, considerando que a orientação institucional estabelece a revisão bibliográfica como método de investigação, sem aplicação de estudo de caso, pesquisa de campo ou relato de experiência.

Para conduzir a revisão, adotou-se uma adaptação do método PRIA, Processo de Revisão Integrado com Inteligência Artificial, proposto por Maciel et al. (2026). Neste TCC, o PRIA foi utilizado como roteiro

metodológico adaptado, com foco na definição da questão de pesquisa, delimitação do escopo, seleção do referencial teórico, organização das fontes, análise crítica e redação final, garantindo maior clareza, organização e coerência ao percurso investigativo.

3.1. Tipo de Pesquisa: Revisão Bibliográfica

A presente pesquisa caracteriza-se como revisão bibliográfica de natureza qualitativa, pois analisa contribuições teóricas já publicadas sobre a relação entre Engenharia de Produção e Indústria 4.0. A escolha desse delineamento atende à orientação institucional do TCC, que admite a revisão bibliográfica como método de pesquisa e não permite estudo de caso, pesquisa de campo ou relato de experiência.

A abordagem qualitativa justifica-se pelo caráter interpretativo do estudo, voltado à compreensão de conceitos, modelos e relações teóricas presentes na literatura selecionada. O percurso metodológico foi orientado pelo método PRIA, Processo de Revisão Integrado com Inteligência Artificial, proposto por Maciel et al. (2026), adaptado ao formato de monografia para organizar a questão de pesquisa, a seleção das fontes, a triagem dos materiais, a análise crítica e a redação final do trabalho.

3.2. Fontes de Dados (Artigos, Livros, Bases Científicas)

As fontes de dados utilizadas nesta pesquisa foram compostas por livros e artigos científicos relacionados à Engenharia de Produção, gestão dos sistemas produtivos e Indústria 4.0. A seleção do material bibliográfico considerou a relevância científica dos autores, a aderência ao tema, o reconhecimento acadêmico das obras e a indexação em bases científicas consolidadas, priorizando literatura

revisada por pares e evitando o uso predominante de bibliografia cinza.

A organização das referências seguiu uma adaptação do método PRIA, com etapas de delimitação temática, seleção das fontes e análise crítica do conteúdo. No eixo da Engenharia de Produção, foram utilizadas obras de autores como Slack e Brandon-Jones, Paladini, Groover, Lachtermacher, Blank e Tarquin, Baxter, Tompkins et al. e Nonaka e Takeuchi; no eixo da Indústria 4.0, foram considerados autores como Schwab, Kagermann, Wahlster e Helbig, Hermann, Pentek e Otto, Lasi et al., Lee, Brynjolfsson e McAfee, Porter, Zuboff e Gunasekaran et al., além de artigos consultados em bases como Scopus, Web of Science e Portal de Periódicos CAPES.

3.3. Critérios de Seleção

Os critérios de seleção das referências foram definidos com o objetivo de garantir consistência teórica, relevância científica e alinhamento com a temática proposta no trabalho. A seleção priorizou obras clássicas da Engenharia de Produção e estudos contemporâneos relacionados à Indústria 4.0, transformação digital e sistemas produtivos inteligentes.

Inicialmente, foram considerados autores reconhecidos academicamente e amplamente utilizados na literatura científica das áreas de produção, gestão industrial, qualidade, logística, tomada de decisão e tecnologia aplicada à indústria. Nesse contexto, priorizou-se a utilização de livros e artigos científicos com elevado impacto acadêmico, presença recorrente em pesquisas da área e aderência aos objetivos do estudo.

Para os conteúdos relacionados à Engenharia de Produção, adotou-se como critério a utilização de referências consolidadas na formação e fundamentação da área, especialmente obras relacionadas aos sistemas produtivos, gestão da qualidade, processos de fabricação, engenharia econômica, projeto de produto, gestão do conhecimento e integração das operações industriais.

Nos temas associados à Indústria 4.0, os critérios de seleção consideraram estudos voltados aos conceitos da Quarta Revolução Industrial, integração digital, manufatura inteligente, internet das coisas, inteligência artificial, sistemas ciberfísicos, competitividade e transformação organizacional. Também foram priorizados autores frequentemente citados em estudos internacionais sobre digitalização industrial e inovação tecnológica.

Adicionalmente, foram selecionados artigos científicos indexados em bases reconhecidas, especialmente *Scopus*, *Web of Science* e Portal de Periódicos CAPES, priorizando publicações revisadas por pares e alinhadas ao escopo da pesquisa. Foram excluídos materiais sem validação científica, conteúdos excessivamente técnicos sem aderência ao tema central e publicações com baixa relevância para os objetivos do trabalho.

A organização das referências seguiu a lógica estrutural adaptada do método PRIA, permitindo maior sistematização no processo de triagem, seleção e análise crítica das fontes utilizadas na construção do referencial teórico.

3.4. Procedimentos de Análise

Os procedimentos de análise foram conduzidos com base em uma adaptação do método PRIA, Processo de Revisão Integrado com

Inteligência Artificial, proposto por Maciel et al. (2026). No artigo original, o PRIA organiza a revisão em fases sequenciais, contemplando a definição da questão de pesquisa, a busca da literatura, a triagem e seleção dos estudos, a análise e síntese crítica e a redação e revisão final do manuscrito.

Neste trabalho científico, o método foi adaptado ao formato de revisão bibliográfica qualitativa, sem a pretensão de realizar uma revisão sistemática exaustiva. Inicialmente, definiu-se a questão de pesquisa, orientada pela necessidade de compreender como a Engenharia de Produção se insere no contexto da Indústria 4.0. Em seguida, foram organizadas as fontes bibliográficas, priorizando livros clássicos, artigos científicos indexados e autores de referência, agrupados nos eixos temáticos do trabalho.

Na etapa final, realizou-se a triagem das referências, considerando aderência ao tema, relevância acadêmica e contribuição para os objetivos da pesquisa. Posteriormente, desenvolveu-se a leitura interpretativa, a análise crítica, a comparação entre autores e a síntese das ideias em categorias analíticas, resultando na redação final do texto de forma lógica, coerente e alinhada às normas institucionais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise do referencial teórico permitiu identificar que a Indústria 4.0 promove mudanças significativas nos sistemas produtivos ao ampliar a integração entre tecnologia, informação e gestão. A digitalização industrial não se limita à incorporação de novas ferramentas, mas representa uma transformação na forma como as

organizações planejam, executam e controlam suas operações produtivas.

Os autores analisados convergem ao indicar que a Engenharia de Produção possui papel estratégico nesse processo, principalmente por integrar processos, recursos, informações e decisões. Fundamentos como planejamento e controle da produção, gestão da qualidade, engenharia econômica, logística, cadeia de suprimentos e tomada de decisão permanecem relevantes, mas passam a operar em ambientes mais conectados, automatizados e orientados por dados.

Os resultados também evidenciam que tecnologias como internet das coisas, inteligência artificial [IA], *big data* e sistemas ciberfísicos ampliam a capacidade analítica das organizações, permitindo monitoramento em tempo real, automação, maior previsibilidade operacional e suporte à tomada de decisão. Nesse contexto, os sistemas produtivos tornam-se mais flexíveis, adaptáveis e responsivos às mudanças da demanda e do mercado.

Por fim, verificou-se que a competitividade na Indústria 4.0 depende do alinhamento entre tecnologia, gestão e estratégia. A adoção tecnológica isolada não garante melhoria de desempenho, pois seus resultados dependem da capacidade de integrar ferramentas digitais aos objetivos organizacionais e aos processos produtivos. Assim, a Engenharia de Produção assume função relevante ao estruturar essa integração e ao enfrentar desafios como investimentos, qualificação profissional, integração de sistemas e adaptação organizacional.

4.1. Análise da Literatura

A análise da literatura demonstrou que a relação entre Engenharia de Produção e Indústria 4.0 deve ser compreendida pela articulação entre fundamentos produtivos e transformação digital. Os autores analisados indicam que planejamento, controle, qualidade, análise econômica, organização de processos e tomada de decisão continuam essenciais, mas passam a operar em sistemas mais conectados e orientados por dados.

No campo da Engenharia de Produção, autores como Slack e Brandon-Jones, Paladini, Groover, Lachtermacher, Blank e Tarquin, Baxter e Tompkins et al. oferecem a base conceitual para compreender os sistemas produtivos. Já os estudos sobre Indústria 4.0, especialmente Schwab, Kagermann, Wahlster e Helbig, Hermann, Pentek e Otto, Lasi et al. e Lee et al., demonstram como conectividade, sistemas ciberfísicos, internet das coisas, inteligência artificial e big data redefinem a organização da produção.

Dessa forma, a literatura evidencia que a Engenharia de Produção mantém sua relevância por sua capacidade de integrar tecnologia, gestão e estratégia. O principal resultado teórico identificado é que a digitalização não substitui os fundamentos da área, mas amplia sua importância, exigindo atuação mais analítica, sistêmica e orientada à inovação.

4.2. Integração dos Conceitos

A integração dos conceitos analisados permite compreender que a Engenharia de Produção e a Indústria 4.0 atuam de forma complementar nos sistemas produtivos contemporâneos. Os fundamentos clássicos da produção continuam estruturando as operações industriais, enquanto as tecnologias digitais ampliam a

capacidade de controle, conectividade e tomada de decisão (Slack; Brandon-Jones, 2018; Kagermann; Wahlster; Helbig, 2013).

Os conceitos relacionados a sistemas produtivos, qualidade, processos de fabricação, engenharia econômica, planejamento da produção, cadeia de suprimentos e gestão do conhecimento demonstram que a eficiência operacional depende da coordenação entre recursos, processos e informações. Com a Indústria 4.0, essa coordenação passa a ser fortalecida por dados em tempo real, automação, inteligência artificial e sistemas ciberfísicos (Paladini, 2019; Groover, 2014; Blank; Tarquin, 2012; Lee et al., 2015).

Dessa forma, a integração conceitual evidencia que a Engenharia de Produção atua como elo entre os fundamentos operacionais e as exigências da transformação digital. Seu papel consiste em articular qualidade, produtividade, custos, flexibilidade, tecnologia e estratégia, evitando que a digitalização seja conduzida de forma isolada ou desconectada dos objetivos organizacionais.

4.3. Relação Entre Engenharia de Produção e Indústria 4.0

A relação entre Engenharia de Produção e Indústria 4.0 evidencia-se na capacidade de transformar recursos tecnológicos em melhorias organizacionais mensuráveis. Enquanto a Indústria 4.0 fornece meios digitais para ampliar conectividade, automação e análise de dados, a Engenharia de Produção oferece métodos para planejar, controlar e avaliar a aplicação desses recursos nos sistemas produtivos (Slack; Brandon-Jones, 2018; Kagermann; Wahlster; Helbig, 2013).

Essa relação também se manifesta na necessidade de traduzir dados em decisões operacionais e estratégicas. Tecnologias como

internet das coisas, big data e sistemas ciberfísicos ampliam o volume de informações disponíveis, mas sua utilidade depende da capacidade de análise, interpretação, avaliação econômica e aplicação prática nos processos produtivos (Lee et al., 2015; Lachtermacher, 2016; Blank; Tarquin, 2012).

Assim, a Engenharia de Produção contribui para evitar que a Indústria 4.0 seja aplicada de modo fragmentado. A digitalização de processos, quando desconectada da estratégia, da qualidade, da capacidade produtiva e da cadeia de suprimentos, pode gerar sistemas complexos sem ganhos proporcionais de desempenho. Por isso, a visão sistêmica da área torna-se essencial para alinhar tecnologia, processos e objetivos organizacionais (Gunasekaran et al., 2017; Hermann; Pentek; Otto, 2016).

4.4. Interpretação dos Achados

A interpretação dos achados indica que a Indústria 4.0 amplia a relevância da Engenharia de Produção ao exigir maior capacidade de articulação entre processos, tecnologias e decisões. O principal achado não está apenas na presença de novas ferramentas digitais, mas na necessidade de integrá-las aos fundamentos da produção, como planejamento, qualidade, custos, layout, cadeia de suprimentos e tomada de decisão (Slack; Brandon-Jones, 2018; Paladini, 2019; Lachtermacher, 2016).

Observou-se que os sistemas produtivos passam a depender de informações mais rápidas, confiáveis e integradas. Nesse contexto, tecnologias como internet das coisas, big data, inteligência artificial e sistemas ciberfísicos ampliam a capacidade de monitoramento, previsão e controle das operações. Contudo, esses recursos somente

produzem ganhos efetivos quando associados a métodos gerenciais capazes de orientar sua aplicação prática (Lasi et al., 2014; Lee et al., 2015).

Outro achado relevante se refere à mudança na lógica da competitividade industrial. A vantagem competitiva deixa de depender apenas da escala produtiva, da redução de custos ou da eficiência interna, passando a envolver também capacidade analítica, integração digital e adaptação rápida às mudanças do mercado. Assim, a transformação digital amplia os critérios de desempenho organizacional e exige nova articulação entre estratégia e operação (Porter, 1989; Brynjolfsson; McAfee, 2014).

A análise também permite interpretar que a Indústria 4.0 aumenta a complexidade dos sistemas produtivos. A integração entre máquinas, sistemas, pessoas e dados cria novas possibilidades de eficiência, mas também impõe desafios relacionados à compatibilidade tecnológica, qualificação profissional, segurança da informação e adaptação organizacional. Portanto, a digitalização industrial deve ser compreendida como processo gerencial e organizacional, não apenas como atualização tecnológica (Hermann; Pentek; Otto, 2016; Zuboff, 1988).

E outro ponto identificado é: que a gestão do conhecimento passa a ocupar posição estratégica. Em ambientes produtivos orientados por dados, a organização precisa transformar informação em conhecimento aplicável, capaz de apoiar inovação, aprendizagem e melhoria contínua. Dessa forma, os achados reforçam que a tecnologia aumenta o volume de informações disponíveis, mas a geração de valor depende da capacidade humana e organizacional

de interpretá-las e utilizá-las adequadamente (Nonaka; Takeuchi, 1997).

4.5. Análise Comparativa

A comparação entre as abordagens dos autores demonstra que o referencial clássico da Engenharia de Produção e a literatura sobre Indústria 4.0 convergem em torno da necessidade de integração dos sistemas produtivos. Slack e Brandon-Jones (2018), Paladini (2019), Groover (2014), Lachtermacher (2016), Blank e Tarquin (2012), Baxter (2011) e Tompkins et al. (2010) oferecem fundamentos para compreender planejamento, qualidade, processos, decisão, viabilidade econômica, produto e instalações.

Por outro lado, Schwab (2016), Kagermann, Wahlster e Helbig (2013), Hermann, Pentek e Otto (2016), Lasi et al. (2014) e Lee et al. (2015) demonstram que a Indústria 4.0 amplia esses fundamentos ao incorporar conectividade, sistemas ciberfísicos, internet das coisas, inteligência artificial, big data e manufatura inteligente. Assim, a literatura tecnológica não substitui a base da Engenharia de Produção, mas amplia seu campo de aplicação.

Nonaka e Takeuchi (1997) e Zuboff (1988) complementam essa discussão ao destacar a importância do conhecimento organizacional, da informação e das mudanças no trabalho em ambientes informatizados. Já Porter (1989), Brynjolfsson e McAfee (2014) e Gunasekaran et al. (2017) contribuem para compreender a competitividade, a transformação digital e a integração da cadeia produtiva como dimensões estratégicas da Indústria 4.0.

Dessa forma, a análise comparativa entre os autores destaca uma complementaridade entre fundamentos produtivos, tecnologias

digitais e estratégia organizacional. Destarte, o referencial confirma que a Engenharia de Produção permanece essencial para orientar a transformação digital de forma técnica, econômica e estrategicamente consistente.

5. CONCLUSÃO

A presente pesquisa científica analisou a relação entre Engenharia de Produção e Indústria 4.0, considerando os impactos da transformação digital sobre os sistemas produtivos, os processos organizacionais e a gestão industrial. A partir da revisão bibliográfica realizada, observou-se que a digitalização da indústria modifica a dinâmica operacional das organizações, amplia a integração entre tecnologia e gestão e exige novas formas de planejamento, controle e tomada de decisão.

Os estudos analisados demonstraram que a Engenharia de Produção permanece essencial nesse contexto, principalmente por sua capacidade de integrar processos, recursos, informações e estratégias organizacionais. Embora a Indústria 4.0 introduza tecnologias avançadas e sistemas produtivos mais conectados, os fundamentos clássicos da produção continuam relevantes para garantir eficiência, qualidade, competitividade e sustentabilidade operacional.

5.1. Síntese dos Resultados

Os resultados da revisão bibliográfica indicam que a Engenharia de Produção mantém papel central no contexto da Indústria 4.0, pois seus fundamentos continuam necessários para organizar, planejar, controlar e melhorar os sistemas produtivos. A digitalização industrial não substitui esses fundamentos, mas amplia sua

aplicação em ambientes mais integrados, automatizados e orientados por dados.

Verificou-se que a Indústria 4.0 fortalece a necessidade de integração entre gestão, tecnologia e estratégia. Tecnologias como internet das coisas, inteligência artificial, big data e sistemas ciberfísicos ampliam a capacidade de monitoramento, análise e tomada de decisão, mas dependem de uma estrutura gerencial capaz de transformar dados em ações produtivas efetivas.

Também foi identificado que o engenheiro de produção passa a assumir função mais analítica e integradora, atuando na conexão entre processos produtivos, sistemas digitais, avaliação econômica, qualidade, cadeia de suprimentos e competitividade organizacional. Dessa forma, sua atuação torna-se fundamental para que a transformação digital gere melhorias reais no desempenho dos sistemas produtivos.

5.2. Resposta Ao Objeto de Pesquisa

O problema de pesquisa questionou como a Engenharia de Produção se insere no contexto da Indústria 4.0 e quais são suas principais contribuições e desafios nos sistemas produtivos contemporâneos. A partir da revisão realizada, conclui-se que a Engenharia de Produção se insere nesse contexto como área integradora entre tecnologia, gestão e estratégia, pois seus fundamentos permitem organizar, planejar, controlar e melhorar sistemas produtivos em ambientes cada vez mais conectados e orientados por dados (Slack; Brandon-Jones, 2018; Kagermann; Wahlster; Helbig, 2013).

As principais contribuições da Engenharia de Produção estão relacionadas ao planejamento e controle da produção, à gestão da qualidade, à análise econômica, à tomada de decisão, à organização dos processos, à integração da cadeia de suprimentos e à gestão da informação. Esses elementos possibilitam que tecnologias como internet das coisas, inteligência artificial, big data e sistemas ciberfísicos sejam utilizadas de forma articulada aos objetivos produtivos e organizacionais (Paladini, 2019; Lachtermacher, 2016; Blank; Tarquin, 2012; Lee et al., 2015).

Quanto aos desafios, verificou-se que a Indústria 4.0 exige maior qualificação profissional, integração entre sistemas, segurança da informação, adaptação organizacional e capacidade de análise de dados. Assim, a Engenharia de Produção contribui para reduzir a distância entre inovação tecnológica e aplicação prática, atuando como eixo estruturador da transformação digital nos ambientes industriais (Brynjolfsson; McAfee, 2014; Zuboff, 1988; Gunasekaran et al., 2017).

5.3. Implicações Práticas

As implicações práticas identificadas neste estudo demonstram que a Indústria 4.0 exige das organizações uma otimização e integração entre tecnologia, gestão e tomada de decisão. A adoção de sistemas digitais, automação, inteligência artificial e análise de dados amplia a necessidade de planejamento estruturado, coordenação operacional e alinhamento estratégico, tornando a Engenharia de Produção fundamental para a implementação eficiente dessas transformações (Slack; Brandon-Jones, 2018; Hermann; Pentek; Otto, 2016).

No ambiente industrial, verificou-se que a aplicação dos princípios da Indústria 4.0 pode contribuir para aumento da eficiência produtiva, melhoria da qualidade, redução de desperdícios, maior flexibilidade operacional e melhor controle dos processos. A integração entre PCP, ERP, cadeia de suprimentos e sistemas inteligentes permite maior visibilidade das operações e maior capacidade de resposta às mudanças da demanda e do mercado (Gunasekaran et al., 2017; Lee et al., 2015).

Outro aspecto prático se refere ao papel do engenheiro de produção nas organizações. O profissional da área passa a atuar em processos de integração tecnológica, análise de dados, avaliação econômica e coordenação de sistemas produtivos digitalizados. Isso exige desenvolvimento contínuo de competências relacionadas à tecnologia da informação, gestão de processos e interpretação de indicadores produtivos (Lachtermacher, 2016; Brynjolfsson; McAfee, 2014).

Além disso, os resultados indicam que empresas que pretendem adotar tecnologias associadas à Indústria 4.0 precisam considerar não apenas os investimentos tecnológicos, mas também fatores relacionados à qualificação profissional, adaptação organizacional, segurança da informação e gestão do conhecimento. Dessa forma, a transformação digital deve ser conduzida de maneira sistêmica, integrando pessoas, processos e tecnologias para garantir resultados sustentáveis (Nonaka; Takeuchi, 1997; Zuboff, 1988).

5.4. Limitações do Estudo Técnico-Científico

Este estudo apresenta como principal limitação o fato de ter sido desenvolvido exclusivamente por meio de revisão bibliográfica, sem

aplicação de pesquisa de campo, estudo de caso ou coleta empírica de dados. Essa delimitação está alinhada às orientações institucionais do TCC, mas restringe a análise à interpretação da literatura selecionada.

Outra limitação implica o recorte teórico adotado. A pesquisa concentrou-se em autores clássicos da Engenharia de Produção e em referências centrais sobre Indústria 4.0, estratégia, competitividade e transformação digital. Assim, outras abordagens, tecnologias ou estudos empíricos específicos podem não ter sido contemplados com maior profundidade.

Também se reconhece que a Indústria 4.0 é um tema em constante evolução, marcado pelo surgimento contínuo de novas tecnologias, modelos de gestão e aplicações industriais. Dessa forma, parte das discussões apresentadas pode ser ampliada futuramente com novos estudos sobre inteligência artificial, manufatura avançada, automação, análise de dados e cadeias de suprimentos digitais.

5.5. Sugestões para Pesquisas Futuras

Como indicação para pesquisas futuras, recomenda-se o desenvolvimento de estudos aplicados sobre a implementação da Indústria 4.0 em diferentes contextos industriais, especialmente em pequenas e médias empresas, considerando aspectos relacionados à viabilidade econômica, adaptação organizacional e integração tecnológica.

Também se sugere aprofundar investigações sobre o impacto da inteligência artificial, da automação e da análise de dados nos sistemas produtivos, buscando compreender como essas tecnologias influenciam produtividade, qualidade, flexibilidade e

tomada de decisão nas organizações industriais (Lee et al., 2015; Brynjolfsson; McAfee, 2014).

Outra possibilidade de pesquisa envolve a análise das competências exigidas do engenheiro de produção diante da transformação digital. Estudos futuros podem investigar habilidades relacionadas à gestão de dados, integração de sistemas, manufatura inteligente, gestão da inovação e coordenação de operações digitalizadas, considerando as mudanças no perfil profissional da área.

Além disso, recomenda-se ampliar estudos sobre gestão do conhecimento e integração da informação em ambientes produtivos digitalizados, avaliando como organizações utilizam dados e aprendizado organizacional para promover inovação, melhoria contínua e competitividade industrial (Nonaka; Takeuchi, 1997; Zuboff, 1988).

Por fim, as pesquisas científicas utilizando estudos de caso, levantamentos industriais e análises comparativas entre empresas em diferentes níveis de maturidade tecnológica, podem permitir ampliar a compreensão prática dos impactos da Indústria 4.0 na Engenharia de Produção e nos sistemas produtivos contemporâneos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAXTER, M. **Projeto de produto:** guia prático para o design de novos produtos. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2011.

BLANK, L.; TARQUIN, A. **Engenharia econômica.** 6. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2012.

BRYNJOLFSSON, E.; MCAFEE, A. **The second machine age: work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies.** New York: W. W. Norton & Company, 2014.

GROOVER, M. P. **Introdução aos processos de fabricação.** Rio de Janeiro: LTC, 2014.

GUNASEKARAN, A. Big data and predictive analytics for supply chain and organizational performance. **Journal of Business Research**, v. 70, p. 308-317, 2017.

HERMANN, M.; PENTEK, T.; OTTO, B. **Design principles for Industrie 4.0 scenarios.** Proceedings of the 49th Hawaii International Conference on System Sciences. [S.l.]: [s.n.]. 2016. p. 3928-3937.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. **Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0.** Frankfurt. 2013.

LACHTERMACHER, G. **Pesquisa operacional na tomada de decisões.** 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

LASI, H. Industry 4.0. **Business & Information Systems Engineering**, v. 6, n. 4, p. 239-242, 2014.

LEE, J.; BAGHERI, B.; KAO, H.-A. A cyber-physical systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. **Manufacturing Letters**, v. 3, p. 18-23, 2015.

MACIEL, D. L. Possibilidades de otimização com o método PRIA: processo de revisão integrado com inteligência artificial. **InterSciencePlace**, v. 21, n. 03, 2026.

NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. **Criação de conhecimento na empresa:** como as empresas japonesas geram a dinâmica da inovação. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade:** teoria e prática. São Paulo: Atlas, 2019.

PORTER, M. E. **Vantagem competitiva:** criando e sustentando um desempenho superior. Rio de Janeiro: Campus, 1989.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial.** São Paulo: Edipro, 2016.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A. **Administração da produção.** São Paulo: Atlas, 2018.

TOMPKINS, J. A. **Facilities planning.** 4. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2010.

ZUBOFF, S. **In the age of the smart machine:** the future of work and power. New York: Basic Books, 1988.

¹ Master in Master of Science in Emergent Technologies in Education (MUST UNIVERSITY, MUST) – EUA, Academic of the Doctoral Program in Regional Development and Environment (PGDRA/UFRO). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8539-4023>.

² Computer Engineering – UniSAPIENS. Porto Velho – RO.

³ Mestranda do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente - PGDRA/UFRO. Brasil.

⁴ Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental (UFABC). Doutorando em Manejo de Solo e Água (UFERSA). Coordenador de Cursos, Centro Universitário UniÚnica - MG, Brasil.

⁵ PhD in Physics (UFC), with post-doctorate in Scientific Regional Development (DCR/CNPq). MBA in Software Engineering/Production Engineering – UniÚnica. Professor of the Doctoral and Master Program in Regional Development and Environment (PGDRA/UFRO). E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4173-4636>.