

A INTEGRAÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 NA FABRICAÇÃO DE TERMOPLÁSTICOS: DESAFIOS, SOLUÇÕES E EFEITOS NA OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL

THE INTEGRATION OF INDUSTRY 4.0 IN THERMOPLASTICS MANUFACTURING: CHALLENGES, SOLUTIONS AND EFFECTS ON OPERATIONAL OPTIMIZATION

Davi Araujo Barreto¹; Sandro Breval Santiago²

RESUMO: Este trabalho tem como objetivo investigar a Indústria 4.0, analisando suas tecnologias mais avançadas, os impactos significativos na produtividade e os principais desafios para sua implementação. A pesquisa explora como a integração de tecnologias emergentes, como Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA), Big Data e automação avançada, estão transformando profundamente os processos de manufatura, a produção de termoplásticos, bem como os serviços associados, elevando os níveis de eficiência, flexibilidade e personalização. Além disso, aborda as barreiras relacionadas à qualificação dos funcionários, adaptação organizacional, cibersegurança e a necessidade de investimentos robustos em infraestrutura tecnológica. Por fim, propõe um conjunto de estratégias práticas e inovadoras para superar esses desafios e maximizar os benefícios da Indústria 4.0, visando à otimização da cadeia produtiva e à competitividade no mercado global.

PALAVRAS-CHAVE: Transformação Digital; Indústria 4.0; Termoplásticos; Manufatura Inteligente; Estratégias de Implementação; Inovação Operacional.

ABSTRACT: This paper aims to investigate Industry 4.0, analyzing its most advanced technologies, the significant impacts on productivity and the main challenges for its implementation. The research explores how the integration of emerging technologies, such as the Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence (AI), Big Data and advanced automation, are profoundly transforming manufacturing processes, the production of thermoplastics, as well as associated services, raising levels of efficiency, flexibility and customization. It also addresses barriers related to employee qualifications, organizational adaptation, cybersecurity and the need for robust investments in technological infrastructure. Finally, it proposes a set of practical and innovative strategies to overcome these challenges and maximize the benefits of Industry 4.0, with a view to optimizing the production chain and competitiveness in the global market.

KEYWORDS: Digital Transformation; Industry 4.0; Thermoplastics; Smart Manufacturing; Implementation Strategies; Operational Innovation.

¹ Universidade Federal do Amazonas (UFAM) / email: davi.barreto01@gmail.com

² Universidade Federal do Amazonas (UFAM) / email: sbreval@ufam.edu.br

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1º edição

1. INTRODUÇÃO

Com o avanço contínuo da tecnologia, surge o conceito de Indústria 4.0. Esse conceito promove a integração de sistemas de automação, sistemas ciber-físicos e a internet, com o propósito de tornar os processos produtivos mais inteligentes e eficientes (Mazzaferro, 2018). A Indústria 4.0, também chamada de Quarta Revolução Industrial, representa uma mudança substancial na maneira como as fábricas e os sistemas de produção são geridos. Sua principal característica é a incorporação de tecnologias avançadas, como a Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA), big data e computação em nuvem. Esses avanços possibilitam a criação de fábricas conectadas, onde máquinas e sistemas se comunicam e tomam decisões autônomas, elevando a eficiência, a flexibilidade e a personalização da produção (Xu, Xu, & Li, 2018).

A IoT, um dos principais pilares da Indústria 4.0, conecta dispositivos e sensores em uma rede integrada, permitindo a coleta e análise de grandes volumes de dados em tempo real. Isso possibilita às empresas monitorar e otimizar suas operações com um nível de precisão sem precedentes. Além disso, IA e o aprendizado de máquina permitem a antecipação de falhas e a implementação de manutenção preditiva, o que reduz o tempo de inatividade das máquinas e os custos operacionais (Zhou, Liu, & Zhou, 2015). De acordo com Kagermann et al. (2013), a automação inteligente, baseada na integração de máquinas e sistemas ciber-físicos capazes de decisões descentralizadas e autônomas, é um dos fundamentos principais da Indústria 4.0. Essa automação visa aprimorar a eficiência, flexibilidade e qualidade dos processos industriais.

Outro componente essencial da Indústria 4.0 é a computação em nuvem, que oferece uma infraestrutura flexível e escalável para o armazenamento e processamento de dados. Através dessa tecnologia, as empresas podem acessar recursos computacionais sob demanda, evitando grandes investimentos em infraestrutura física. A computação em nuvem facilita a colaboração entre empresas, parceiros e fornecedores, permitindo o compartilhamento de dados em tempo real, o que otimiza a cadeia de suprimentos e a logística. A análise avançada, proporcionada pela big data, fornece insights mais profundos sobre as operações e o comportamento dos consumidores, influenciando diretamente as decisões estratégicas (Lu, 2017).

Portanto, a implementação de tecnologias como IoT, big data e IA é crucial para a transição para a Indústria 4.0. Segundo Zhou et al. (2015), essas tecnologias possibilitam a criação de fábricas autônomas e adaptáveis, otimizando a produção. No entanto, é fundamental garantir a segurança dos dados e prevenir ataques cibernéticos, para manter a integridade e continuidade das operações. Desse modo, a Indústria 4.0 não é apenas um avanço tecnológico, mas também um impulso para transformações profundas nas práticas de gestão e na cultura organizacional.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Indústria 4.0

A Indústria 4.0, marca uma transformação significativa nos processos produtivos e nos modelos de negócios, impulsionada pela integração de tecnologias como Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA), automação avançada, computação em nuvem e análise de grandes volumes de dados. Essas inovações criam oportunidades para aumentar a eficiência, promover a inovação e melhorar a competitividade das empresas. Conforme destaca Schwab (2016), a Indústria 4.0 é resultado da convergência de tecnologias que eliminam as barreiras entre os mundos físico, digital e biológico, estabelecendo um novo paradigma industrial.

Um dos aspectos fundamentais da maturidade digital é a capacidade de inovar em produtos e serviços. A digitalização permite o desenvolvimento de produtos conectados e personalizados, além de

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição



criar novos modelos de negócios focados em serviços digitais. Lee et al. (2014) afirmam que produtos inteligentes e serviços conectados são elementos centrais da Indústria 4.0, oferecendo novas maneiras de agregar valor e melhorar a interação com os clientes, o que é essencial em um mercado cada vez mais competitivo e com expectativas crescentes.

Outro ponto crucial da Indústria 4.0 é o foco na eficiência operacional. A utilização de tecnologias avançadas, como sistemas ciber-físicos e automação, contribui para a redução de desperdícios, otimização da produção e aumento da qualidade dos produtos. Hermann et al. (2016) reforçam que essa revolução tecnológica transforma fábricas tradicionais em fábricas inteligentes, onde máquinas e sistemas operam de maneira autônoma, colaborando para alcançar maiores níveis de eficiência. No setor de termoplásticos, essa mudança é fundamental para otimizar os processos produtivos e garantir a sustentabilidade a longo prazo.

A transformação digital exige, além de investimentos em tecnologia, uma reestruturação organizacional e estratégica. Isso inclui o desenvolvimento de habilidades digitais entre os colaboradores e a criação de uma cultura voltada para a inovação. Segundo Westerman, Bonnet e McAfee (2014), a liderança digital é essencial para guiar esse processo de transformação e garantir a adoção eficaz das novas tecnologias. No setor de termoplásticos, isso implica em investir na capacitação digital dos colaboradores e fomentar uma cultura de inovação constante.

A digitalização da cadeia de suprimentos também é uma dimensão central da Indústria 4.0. Soluções como IoT e big data permitem um monitoramento preciso dos estoques em tempo real, maior rastreabilidade dos produtos e uma logística mais eficiente. Christopher e Holweg (2011) apontam que a visibilidade proporcionada pela digitalização da cadeia de suprimentos confere uma vantagem competitiva substancial. No setor termoplástico, a integração digital é vital para responder com rapidez e flexibilidade às demandas do mercado.

Os modelos de maturidade digital são ferramentas essenciais para avaliar o nível atual de digitalização e traçar um plano de desenvolvimento para a transição rumo à Indústria 4.0. Schumacher, Erol e Sihm (2016) propõem que esses modelos ajudam as organizações a identificar seus pontos fortes e áreas de melhoria. Na indústria de termoplásticos, esses modelos podem ser fundamentais para orientar a adoção de tecnologias inovadoras e a implementação de processos produtivos mais eficientes.

A avaliação da maturidade digital é crucial para identificar tanto os desafios quanto as oportunidades no setor de termoplásticos. Ao examinar as dimensões de Produtos e Serviços, Manufatura e Operações, Estratégia e Organização, e Cadeia de Suprimentos, é possível identificar áreas prioritárias para investimentos e melhorias. Esse diagnóstico fortalece a competitividade e a sustentabilidade das empresas na era da Indústria 4.0, promovendo inovação contínua e excelência operacional.

2.2 Internet das coisas

A Internet das Coisas (IoT) refere-se à interconexão de dispositivos físicos através da internet, permitindo que eles coletem, compartilhem e troquem dados de maneira autônoma e eficiente. Esses dispositivos, que vão desde eletrodomésticos e veículos até sistemas industriais complexos, são equipados com sensores e tecnologias que possibilitam a comunicação em rede e a troca contínua de informações (Moon, 2016). Conforme destacado por Figueiredo et al. (2015), a IoT tem potencial para transformar setores como a agricultura, saúde, e a indústria, permitindo que qualquer objeto com sensores ou conexão à internet seja integrado a essa rede interconectada.

Um exemplo clássico de IoT é a casa inteligente, onde dispositivos como geladeiras podem monitorar os níveis de alimentos e até mesmo realizar pedidos automáticos. No ambiente industrial, a

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1º edição



IoT é aplicada no monitoramento de máquinas, proporcionando manutenção preditiva e reduzindo o tempo de inatividade, o que resulta em maior eficiência operacional.

Além de seu impacto industrial, a IoT também transforma a vida cotidiana. Dispositivos IoT como termostatos inteligentes ajustam automaticamente a temperatura de uma casa com base nos padrões de uso, enquanto dispositivos vestíveis (wearables) monitoram a saúde e atividade física dos usuários. Pavanelli e Naomi (2014) apontam que a Wearable Technology promete revolucionar diversas atividades, desde as mais simples até as mais complexas, com exemplos como pulseiras e relógios inteligentes, monitores de saúde, e roupas inteligentes. Embora os wearables, como as pulseiras inteligentes, sejam os mais utilizados, outras tecnologias, como os smart garments, ainda estão em fase inicial de adoção (Gartner, 2014).

Nas cidades, a IoT desempenha um papel fundamental no desenvolvimento de infraestruturas inteligentes, como sistemas de gerenciamento de tráfego e iluminação pública eficientes, melhorando a qualidade de vida urbana e tornando as cidades mais sustentáveis. No entanto, com o rápido crescimento da IoT, surgem desafios, especialmente no que diz respeito à segurança. Gubbi et al. (2013) destacam que estratégias de segurança cibernética são essenciais para mitigar vulnerabilidades e proteger a privacidade dos dados transmitidos pelos dispositivos IoT. A imensa quantidade de dados gerada exige medidas rigorosas para evitar invasões e o uso indevido de informações pessoais, tanto por parte das empresas quanto dos governos.

Apesar dos desafios de segurança e privacidade, a IoT continua a crescer em ritmo acelerado, oferecendo oportunidades de inovação, eficiência e melhorias em diversos setores. A sua expansão promete transformar profundamente a maneira como as pessoas vivem, trabalham e interagem com o mundo ao seu redor, possibilitando um futuro cada vez mais interconectado.

2.3 Gestão nas empresas com a inserção da Indústria 4.0

A gestão das empresas na era da Indústria 4.0 requer uma abordagem integrada e inovadora, em que a tecnologia desempenha um papel central nas operações e estratégias. A integração de tecnologias avançadas é um ponto fundamental, visto que as empresas precisam incorporar a Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA), big data e computação em nuvem em suas atividades cotidianas. Essas tecnologias permitem o monitoramento em tempo real, a análise preditiva para tomada de decisões mais precisas e a automação de processos. Contudo, como Rocha e Brito (2018) ressaltam, essa transformação tecnológica exige que as organizações se adaptem rapidamente para maximizar os benefícios proporcionados pelas inovações.

Além disso, o uso de big data possibilita decisões empresariais baseadas em dados coletados sobre produção, logística, comportamento do cliente e desempenho de mercado. A flexibilidade e personalização da Indústria 4.0, como a manufatura aditiva (impressão 3D) e sistemas de produção modular, também proporcionam a criação de produtos personalizados com maior eficiência. Isso requer uma gestão ágil e coordenada para alinhar as capacidades tecnológicas às demandas do mercado.

Outro aspecto importante é a capacitação e gestão de talentos. Com a digitalização, a função dos trabalhadores muda significativamente. Segundo Lima et al. (2019), as empresas precisam investir em requalificação e desenvolvimento contínuo para garantir que seus colaboradores estejam preparados para utilizar novas tecnologias. A gestão de recursos humanos agora foca em habilidades técnicas, analíticas e de resolução de problemas, essenciais na nova era digital.

A segurança cibernética é outra preocupação crítica. A interconectividade traz riscos adicionais, e as empresas devem implementar estratégias robustas de proteção de dados, além de treinar os funcionários para práticas seguras. Isso garante a integridade dos dados e a continuidade das operações empresariais.

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1º edição



Por fim, a Indústria 4.0 incentiva a colaboração entre empresas, universidades e centros de pesquisa para promover a inovação. A gestão dessas parcerias estratégicas é crucial para o desenvolvimento de soluções tecnológicas que mantenham as empresas competitivas no cenário global.

Portanto, a gestão empresarial na era da Indústria 4.0 é caracterizada por uma abordagem orientada por dados, inovação e flexibilidade. Líderes empresariais devem estar preparados para coordenar essas complexidades e aproveitar as novas oportunidades tecnológicas, visando maior eficiência e inovação contínua.

3. METODOLOGIA

Este estudo utiliza uma metodologia quantitativa e qualitativa para analisar o nível de maturidade digital na indústria de termoplásticos, com foco na Indústria 4.0. Conforme Gil (1999), a pesquisa qualitativa é inerente ao objeto de estudo, pois se baseia na dinâmica e abordagem do problema investigado, buscando descrever e interpretar os componentes de sistemas complexos para elucidar seus significados. Essa abordagem permite uma compreensão profunda do contexto em que os fenômenos ocorrem, sem depender exclusivamente de mensurações.

Para alcançar os objetivos deste estudo, dados primários foram coletados por meio de questionários estruturados, aplicados a gestores e funcionários de empresas do setor termoplástico. A amostra foi diversificada, abrangendo empresas de diferentes portes e níveis de digitalização, garantindo uma representatividade ampla do setor. Além disso, dados secundários foram extraídos de revisões de literatura e relatórios de mercado, fornecendo um contexto detalhado sobre o estado atual da digitalização na indústria.

Os questionários foram elaborados com base em modelos de maturidade digital amplamente reconhecidos, abordando dimensões como automação, integração de sistemas, análise de dados e o uso de tecnologias emergentes. A amostragem foi estratificada de acordo com o porte das empresas (pequeno, médio e grande) e o nível de digitalização (baixo, médio e alto), assegurando uma representação adequada da diversidade do setor.

Os dados foram analisados por meio de estatística descritiva para identificar padrões e tendências, enquanto técnicas de análise multivariada como análise de componentes principais (PCA) e análise de clusters foram utilizadas para compreender as relações entre as diferentes variáveis de maturidade digital. As análises foram conduzidas com o auxílio de softwares estatísticos como SPSS e R, permitindo maior precisão nos resultados.

Para garantir a robustez dos achados, foi realizada uma validação cruzada entre os dados quantitativos e qualitativos. Isso possibilitou uma visão mais abrangente de como a digitalização impacta as operações industriais, promovendo ganhos de produtividade e redução de custos operacionais, além de transformar significativamente os processos dentro da indústria de termoplásticos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para iniciar a análise, podemos explorar os dados fornecidos pelo sistema PIMM 4.0, que oferece uma variedade de métricas numéricas de avaliação de setores essenciais, como cadeia de suprimentos, manufatura e operações. Esses dados são cruciais para identificar e detalhar os principais aspectos dessas áreas, permitindo uma análise detalhada e aprofundada. Isso inclui examinar indicadores de desempenho, eficiência operacional e impacto nas operações, proporcionando insights valiosos para melhorias estratégicas e operacionais.

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

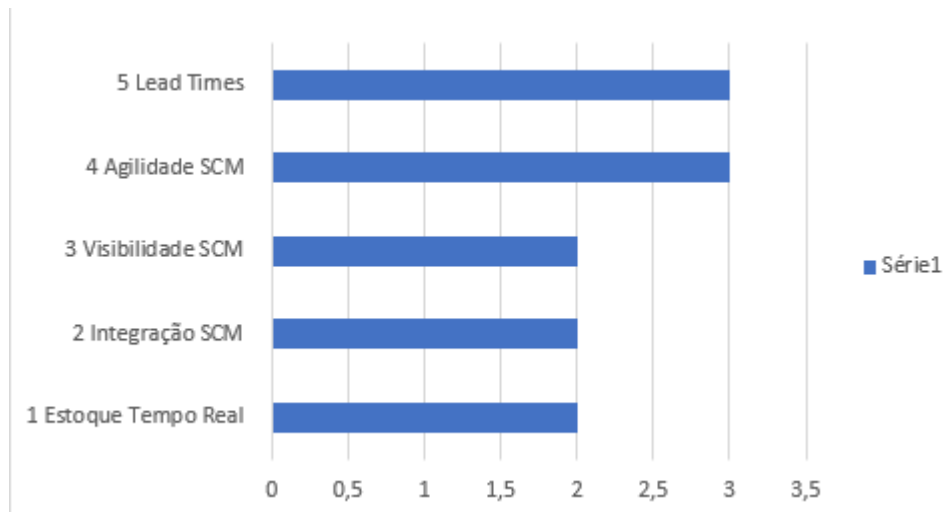


Gráfico 1. Cadeia de Suprimentos

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

O gráfico 1 apresenta a distribuição dos níveis de maturidade digital da empresa avaliada. Observa-se que uma porcentagem considerável da empresa se encontra nos níveis iniciais de maturidade, indicando uma adoção limitada das tecnologias da Indústria 4.0. Essa tendência é corroborada por estudos que apontam a necessidade de investimentos substanciais e estratégias robustas para promover a transformação digital.

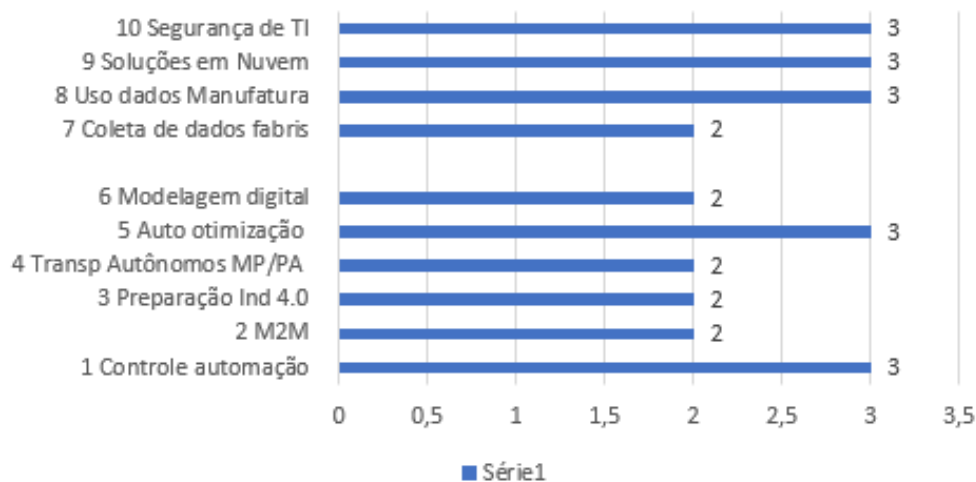


Gráfico 2. Manufatura e Operações

Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

Com base nos dados, o gráfico 2 mostra as tecnologias da Indústria 4.0 já implementada pela empresa. Podemos observar com base nas médias que a Internet das Coisas (IoT) e a análise de big data são as tecnologias mais adotadas, seguidas pela inteligência artificial e pela computação em nuvem. Essa adoção está alinhada com a literatura, que destaca o impacto positivo dessas tecnologias na eficiência e na personalização dos processos produtivos.

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1º edição



A análise dos resultados evidencia que a maturidade digital na indústria 4.0, setor de termoplásticos ainda está em estágios iniciais para muitas empresas, não só a principal analisada, refletindo desafios comuns enfrentados por indústrias tradicionais na transição para a Indústria 4.0. A adoção de tecnologias como IoT e big data está mais avançada, mas a implementação plena de sistemas ciber físicos e inteligência artificial ainda enfrenta obstáculos significativos, principalmente relacionados a custos e capacitação.

A integração dessas tecnologias promete aumentar a eficiência e a flexibilidade dos processos produtivos, conforme destacado por Zhou et al. (2015) e Kagermann et al. (2013). No entanto, a segurança cibernética emerge como uma preocupação central, exigindo investimentos contínuos em medidas de proteção e políticas de segurança robustas (Gubbi et al., 2013).

Os benefícios percebidos corroboram a literatura existente, que destaca melhorias substanciais em produtividade e qualidade com a adoção de tecnologias da Indústria 4.0 (Xu, Xu, & Li, 2018; Lu, 2017). A capacidade de personalização em massa, anteriormente inviável, é um diferencial competitivo importante para as empresas que conseguem implementar essas tecnologias de forma eficaz.

5. CONCLUSÃO

O estudo sobre a maturidade digital na indústria de termoplásticos, focado na adoção das tecnologias da Indústria 4.0, evidencia tanto oportunidades significativas quanto desafios consideráveis. A maioria das empresas do setor está em estágios iniciais ou intermediários de digitalização, enquanto algumas pioneiras têm adotado tecnologias avançadas como Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA) e Big Data, resultando em ganhos substanciais. Essas empresas líderes demonstram que a aplicação dessas tecnologias oferece melhorias na eficiência operacional, qualidade dos produtos e capacidade de personalização.

Aquelas que adotaram IoT relataram a criação de um ambiente de produção mais conectado e inteligente. Sensores e dispositivos interagem em tempo real, possibilitando o monitoramento preciso e o controle dos processos produtivos. Isso promove uma redução significativa de desperdícios e tempos de inatividade, além de otimizar o uso de recursos. Com IA e Big Data, é possível realizar análises preditivas e tomar decisões com base em dados concretos, resultando em melhorias na previsão de demanda e na gestão da cadeia de suprimentos.

Por outro lado, o estudo destaca desafios substanciais que dificultam a ampla adoção da Indústria 4.0. Um dos principais obstáculos é a falta de capacitação da força de trabalho. Muitas empresas não dispõem de profissionais com as habilidades necessárias para operar e manter essas tecnologias, prejudicando sua implementação eficaz. Investimentos em treinamento e desenvolvimento de competências são fundamentais para preparar os colaboradores para esse novo ambiente digitalizado.

Segurança cibernética também é uma preocupação crítica. Com a crescente interconectividade dos sistemas e a troca de grandes volumes de dados, as empresas ficam mais vulneráveis a ataques cibernéticos. A proteção contra essas ameaças exige a implementação de medidas robustas de segurança e a adoção de políticas abrangentes para proteger os sistemas interconectados. De acordo com Stallings (2018), é essencial desenvolver uma cultura de segurança cibernética e investir em tecnologias de proteção avançadas.

Outro desafio relevante são os altos custos de implementação. A transformação digital demanda investimentos significativos em infraestrutura tecnológica, o que pode ser um obstáculo para pequenas e médias empresas. Nesse sentido, explorar estratégias de financiamento e estabelecer parcerias com outras empresas, centros de pesquisa e governos pode ser uma maneira eficaz de mitigar esses custos e promover a inovação.

Para superar esses desafios e aproveitar os benefícios da Indústria 4.0, o estudo sugere que as empresas adotem uma abordagem integrada e estratégica. Isso significa não apenas implementar as

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1ª edição

novas tecnologias, mas também reformular processos e modelos de negócios para maximizar seu potencial. O desenvolvimento de uma visão clara e um plano de ação bem definido são essenciais para guiar a transformação digital.

A cooperação entre setores e a criação de ecossistemas digitais também podem acelerar a inovação e aumentar a competitividade. Empresas podem compartilhar melhores práticas e aprender umas com as outras, criando um ambiente de aprendizado contínuo e adaptação rápida às mudanças tecnológicas. Estudos de caso de empresas bem-sucedidas mostram que a colaboração e a troca de conhecimento são fatores críticos para o sucesso na jornada de maturidade digital.

Em conclusão, a Indústria 4.0 representa uma oportunidade transformadora para o setor de termoplásticos, com potencial para melhorar significativamente a eficiência, qualidade e personalização. No entanto, as empresas precisam abordar capacitação, segurança e investimento de forma proativa para alcançar os benefícios completos dessa revolução digital.

6. AGRADECIMENTOS

Gostaria de começar expressando minha profunda gratidão a Deus, por ser minha fonte de força e inspiração ao longo de toda essa trajetória. À minha família, que me sustentou com amor e incentivo nos momentos de desafio, deixo meus mais sinceros agradecimentos. Aos amigos, que estiveram ao meu lado com palavras de apoio, risadas e companheirismo, sou eternamente grato. Não poderia deixar de reconhecer a valiosa orientação do professor Sandro Breval Santiago, cuja sabedoria e dedicação foram essenciais para o meu crescimento. A todos, minha imensa gratidão por fazerem parte dessa jornada.

REFERÊNCIAS

DELOITTE. *Indústria 4.0: desafios e soluções para a transformação digital e uso de tecnologias exponenciais*. Zurique, Suíça, 2015a.

FIGUEIREDO, J.; PINTO, J.; SILVA, C.; OLIVEIRA, P. *Internet das Coisas: Impactos, desafios e oportunidades para o Brasil*. 2015.

GARTNER.COM. *Wearable electronic fitness devices market still poised for strong growth*. 18 nov. 2014.

GIL, A. C. *Método e técnicas de pesquisa social*. São Paulo, SP: Atlas. 1999.

GUBBI, J., BUYYA, R., MARUSIC, S., & PALANISWAMI, M. *Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions*. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645-1660, 2013.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*. Final report of the industrie 4.0 Working Group. 2013.

LIMA, P. S.; ALMEIDA, R. M.; SOUZA, M. N. Capacitação e requalificação na Indústria 4.0: desafios e estratégias. *Revista Brasileira de Educação Profissional e Tecnológica*, v. 11, n. 2, p. 35-49, 2019.

LU, Y. Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, v. 6, p. 1-10, 2017.

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1º edição



MANYIKA, J.; CHUI, M.; BUGHIN, J.; DOBBS, R.; BISSON, P.; MARRS, A. Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy. *McKinsey Global Institute*, 2013.

MANYKA, J., CHUI, M., BISSON, P., WOETZEL, J., DOBBS, R., BUGHIN, J., & AHARON, D. Harnessing automation for a future that works. *McKinsey Global Institute*. 2017

MAZZAFERRO, F. The Impact of Industry 4.0 on the Supply Chain. *Procedia Manufacturing*, 17, 1040-1047.2018.

MOON, B. *Internet of Things & Hardware Industry Overview 2016*. SparkLabs Global Ventures, 2016.

ROCHA, M. S.; BRITO, L. A. L. Transformação digital e gestão empresarial: adaptando-se às tecnologias emergentes na Indústria 4.0. *Revista de Administração Contemporânea*, v. 22, n. 3, p. 405-423, 2018.

STALLINGS, W. *Cryptography and Network Security: Principles and Practice (7th ed.)*. Pearson, 2018.

XU, L. D.; XU, E. L.; LI, L. Industry 4.0: state of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, v. 56, n. 8, p. 2941-2962, 2018

YAMAN. S.D. *Indústria 4.0*. Disponível em: <https://yaman.com.br/pt-br/blog/industria-4-0/>. Acesso em: 28 Set. 2024.

ZHOU, K.; LIU, T.; ZHOU, L. Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. *12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD)*, p. 2147-2152, 2015.

Realização:

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção – UFAM
24 e 25 de Outubro de 2024, 1º edição