

IMPACTO DA REALIDADE AUMENTADA E VIRTUAL NA FORMAÇÃO E MANUTENÇÃO DE HABILIDADES OPERACIONAIS NA PRODUÇÃO DE POLIETILENO MICRONIZADO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DO SETOR TERMOPLÁSTICO

THE IMPACT OF AUGMENTED AND VIRTUAL REALITY ON THE FORMATION AND MAINTENANCE OF OPERATIONAL SKILLS IN THE PRODUCTION OF MICRONIZED POLYETHYLENE: A CASE STUDY IN A COMPANY IN THE THERMOPLASTICS SECTOR

Ana Beatriz Ferreira de Castro¹; Flavio de Barros e Azevedo Ramos²; Mauricio Itikawa³; Sandro Breval Santiago⁴

RESUMO: Este estudo tem como objetivo analisar o impacto das tecnologias de realidade aumentada (RA) e realidade virtual (RV) na formação e manutenção de habilidades operacionais em uma empresa do setor termoplástico, localizada no polo industrial de Manaus. Utilizando o sistema PIMM 4.0, o estudo investiga como essas ferramentas têm sido implementadas para melhorar a eficiência, a segurança, a produtividade, e a competitividade da empresa, especialmente na produção de polietileno micronizado. A pesquisa revela que a RA e a RV proporcionam ambientes de aprendizado imersivos, otimizando o treinamento de operadores, a manutenção de máquinas, e a qualidade dos produtos. No entanto, ela também aponta desafios como a necessidade de aprimoramento da modelagem digital e o custo de implementação dessas tecnologias. Posto isto, a análise sugere que, apesar dos obstáculos, a adoção de RA e RV é crucial para a competitividade e inovação no setor industrial e, por isso, recomenda-se a continuidade dos investimentos em inovação tecnológica e capacitação dos colaboradores.

Palavras-chave: Indústria 4.0; PIMM4.0; Realidade Aumentada; Realidade Virtual; Produção de Polietileno.

ABSTRACT: This study aims to analyze the impact of augmented reality (AR) and virtual reality (VR) technologies on the formation and maintenance of operational skills in a company in the thermoplastics sector, located in the industrial hub of Manaus. Using the PIMM 4.0 system, the study investigates how these tools have been implemented to improve the company's efficiency, safety, productivity and competitiveness, especially in the production of micronized polyethylene. The research reveals that AR and VR provide immersive learning environments, optimizing operator training, machine maintenance and product quality. However, it also points out challenges such as the need to improve digital modeling and the cost of implementing these technologies. That said, the analysis suggests that, despite the obstacles, the adoption of AR and

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

² Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA) / email: flavio.amos@suframa.gov.br

³ Universidade Federal do Amazonas (UFAM) / email: itikawamauricio@gmail.com

⁴ 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, 1ª edição

VR is crucial for competitiveness and innovation in the industrial sector, and, for this reason, it is recommended to continue investing in technological innovation and employee training.

Keywords: Industry 4.0; PIMM4.0; Augmented Reality; Virtual Reality; Polyethylene Production.

1. INTRODUÇÃO

A Indústria 4.0 está promovendo mudanças significativas em diversos níveis dos processos produtivos, incluindo a manufatura, o design, os produtos, as operações e os sistemas relacionados à produção. Isso torna ela fundamental na hora de agregar valor a toda a cadeia organizacional (Firjan, 2016).

Para as empresas brasileiras, essa indústria representa uma oportunidade crucial, pois viabiliza uma maior integração e automação dos processos produtivos, resultando em maior eficiência operacional, redução de custos e aprimoramento da qualidade dos produtos. A análise de dados em tempo real proporciona insights valiosos para decisões estratégicas, permitindo a otimização da cadeia de suprimentos e a personalização da produção. Esses fatores podem ser determinantes para enfrentar a alta competitividade e as flutuações econômicas, ajudando a manter uma posição de destaque no mercado global.

A partir disso, pode-se dizer que a Indústria 4.0 introduziu um conjunto de inovações tecnológicas que transformaram os processos produtivos em diversos setores, incluindo o setor termoplástico. Dentre essas inovações, a Realidade Aumentada (RA) e a Realidade Virtual (RV) se destacam por seu potencial de revolucionar a formação e a manutenção de habilidades operacionais. No âmbito da produção de polietileno micronizado, amplamente utilizado em aplicações industriais, essas tecnologias oferecem novas abordagens para o treinamento de operadores e a otimização dos processos produtivos.

Assim, esta pesquisa examina o impacto da utilização de RA e RV na formação e manutenção de habilidades operacionais em uma empresa do setor termoplástico. Ela visa explorar como essas tecnologias estão sendo implementadas para capacitar trabalhadores, melhorar a segurança no ambiente de trabalho, aumentar a produtividade e assegurar a competitividade da empresa no mercado global. Este estudo, por fim, foi desenvolvido com base em informações obtidas do Banco de Dados gerado pelo sistema PIMM 4.0 de uma indústria fabricante de compostos de polietileno micronizado, projetados especificamente para o processo de rotomoldagem, localizada no Polo Industrial de Manaus. Ao abordar esse tema, o objetivo é não apenas compreender os impactos dessas inovações tecnológicas na eficiência operacional e na qualidade dos produtos, mas também analisar os desafios enfrentados e as oportunidades que emergem com essa transformação digital.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Indústria 4.0 e Tecnologias Imersivas

O termo “Indústria 4.0” (tradução de Industrie 4.0) foi apresentado pela primeira vez em 2011, na Feira de Hanover, na Alemanha, referindo-se ao que seria a Quarta Revolução Industrial (Drath; Horch, 2014). Esse conceito surgiu com o intuito de prever a integração entre os humanos e as máquinas, mesmo que estes estejam presentes em locais geograficamente distantes, formando grandes redes e fornecendo produtos e serviços de maneira autônoma (Silva; Santos Filho; Miyagi, 2015).

Em termos mais específicos, a Indústria 4.0 se caracteriza pela integração avançada de tecnologias digitais e físicas nos processos produtivos, permitindo um nível sem precedentes de automação, conectividade e análise de dados em tempo real. Entre as ferramentas mais

Realização:

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

inovadoras desse novo paradigma estão as tecnologias imersivas, como a Realidade Virtual (RV) e a Realidade Aumentada (RA), que vêm transformando a forma como as indústrias treinam seus operadores, mantêm habilidades e otimizam processos (Schwab, 2016).

Primeiramente, a Realidade Virtual (RV) trata-se de uma tecnologia que cria um ambiente totalmente simulado, no qual os usuários podem interagir e manipular objetos de maneira tridimensional. Essa simulação é feita através de dispositivos como óculos especiais, sensores de movimento e controladores manuais, que permitem uma experiência imersiva e altamente interativa. A RV é amplamente utilizada em treinamentos operacionais, permitindo que os trabalhadores se familiarizem com processos complexos e ambientes de risco sem a necessidade de exposição direta, aumentando assim a segurança e reduzindo custos associados a danos e erros (Prestes & Cleto, 2019).

Em seguida, a Realidade Aumentada (RA), no que lhe concerne, consiste na inserção de elementos virtuais no mundo real, sobrepondo dados e informações digitais à visão do usuário. Utilizando dispositivos como smartphones, tablets ou óculos de RA, essa tecnologia permite que os operadores visualizem instruções de manutenção, dados de desempenho de equipamentos e orientações operacionais diretamente no local de trabalho. A RA facilita a manutenção preventiva, o diagnóstico de falhas e a execução de procedimentos complexos, proporcionando uma comunicação clara e eficiente entre o operador e o sistema (Prestes & Cleto, 2019).

Essas tecnologias imersivas têm se tornado ferramentas essenciais na Indústria 4.0 devido à sua capacidade de transformar o aprendizado e a prática no ambiente industrial. A RA e a RV não apenas reduzem os custos de treinamento e manutenção, mas também melhoram a eficiência operacional ao permitir simulações realistas e feedback em tempo real. Em setores como o termoplástico, onde a produção de polietileno micronizado exige precisão e habilidades especializadas, a aplicação de RA e RV pode resultar em ganhos significativos de produtividade e qualidade, mantendo a força de trabalho preparada para os desafios do futuro.

2.2 Produção de Polietileno Micronizado

Os compostos de polietileno micronizado são materiais plásticos utilizados no processo de rotomoldagem, que permite a produção de peças plásticas ocas de diversos tamanhos. Esses compostos podem ser combinados com outros materiais, como PVC, para conferir características específicas às peças finais. Durante o processo de rotomoldagem, calor e pressão são aplicados para fundir as partículas dentro de um molde, criando peças plásticas com superfícies lisas e de fácil higienização. Essa tecnologia é amplamente empregada na fabricação de produtos sem costura, como tanques, componentes automotivos e brinquedos, consolidando-se como um dos processos de maior crescimento na indústria de plásticos (Zuim et al., 2013).

No contexto de uma empresa do setor termoplástico, o uso de tecnologias de Realidade Aumentada (RA) e Realidade Virtual (RV) na formação e manutenção de habilidades operacionais pode impactar diretamente a eficiência e a precisão no controle de processos de micronização. Essas tecnologias podem ser utilizadas para simular cenários de produção, identificar falhas e otimizar o setup de máquinas, permitindo uma melhor compreensão do comportamento do polietileno durante o processo de micronização. Além disso, a utilização dessas ferramentas de realidade imersiva proporciona treinamento em tempo real, o que melhora a curva de aprendizado dos operadores e reduz a margem de erro, aumentando a segurança operacional e a qualidade final do produto.

No entanto, apesar dos benefícios da RA e RV no processo de micronização do polietileno, há alguns desafios que ainda precisam ser enfrentados. A precisão necessária para simular

Realização:

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

adequadamente o processo produtivo e o controle de variáveis críticas como temperatura e pressão é um dos principais obstáculos. Além disso, a adaptação dos operadores e a integração das novas tecnologias ao sistema existente demandam tempo e podem encontrar resistência inicial. O custo de implementação também pode ser uma barreira para empresas que ainda utilizam métodos de treinamento tradicionais (Joana et al., 2024).

2.3 Benefícios da RA e RV na Formação e Manutenção de Habilidades

Com o avanço das tecnologias imersivas, a Realidade Aumentada (RA) e a Realidade Virtual (RV) têm se destacado como ferramentas inovadoras na formação e manutenção de habilidades operacionais em diversos setores industriais. Essas tecnologias oferecem novas formas de simulação e interação, permitindo que trabalhadores sejam treinados em ambientes virtuais realistas que reproduzem fielmente as condições do mundo físico. O uso da RA e RV na capacitação de operadores não apenas amplia as possibilidades de aprendizado, mas também otimiza a segurança, eficiência e custos, apresentando uma abordagem mais dinâmica e interativa comparada aos métodos tradicionais. No setor industrial, essa evolução tecnológica tem se mostrado fundamental para aprimorar o desempenho dos trabalhadores e reduzir os riscos associados a operações complexas.

Além disso, as tecnologias de Realidade Aumentada (RA) e Realidade Virtual (RV) oferecem outros benefícios adicionais além da redução de riscos e custos. Uma de suas principais vantagens é a possibilidade de simular cenários raros ou emergenciais, que dificilmente poderiam ser reproduzidos em treinamentos tradicionais. Por exemplo, em indústrias como o setor termoplástico, é possível recriar falhas operacionais, defeitos de máquinas ou condições extremas sem o impacto físico e financeiro que essas situações trariam no ambiente real (Pereira Neto, 2024).

A interatividade proporcionada pela RA e RV permite que os operadores realizem ajustes em tempo real, testem diferentes abordagens para resolver problemas e observem os resultados de suas ações de forma imediata, aprimorando suas habilidades de decisão e resolução de problemas. Ademais, a possibilidade de realizar treinamentos colaborativos, onde múltiplos usuários podem interagir no mesmo ambiente virtual, é um diferencial que melhora o trabalho em equipe e reflete de forma mais fiel o ambiente operacional do mundo real, especialmente em indústrias onde a cooperação entre os trabalhadores é essencial (Pereira Neto, 2024).

Por fim, a coleta de dados durante os treinamentos em RA e RV também permite um acompanhamento detalhado do desempenho dos operadores. Essa análise facilita a identificação de pontos de melhoria e permite ajustes precisos no treinamento, assegurando que ele seja constantemente atualizado para atender às novas demandas tecnológicas e operacionais da indústria (da Silva et al., 2022).

3. METODOLOGIA

Este artigo apresenta um estudo de caso focado em uma empresa do setor termoplástico, especializada na produção de compostos de polietileno micronizado, localizada no Polo Industrial de Manaus. Ele tem como objetivo analisar o impacto da adoção de tecnologias da Indústria 4.0, utilizando dados primários coletados do banco de dados da empresa, especialmente do sistema PIMM 4.0.

Para a análise, foi adotada uma metodologia quantitativa-descritiva, que se concentrou na coleta sistemática de dados sobre a implementação de tecnologias emergentes, utilizando gráficos e métodos estatísticos para avaliar as diferentes dimensões analisadas. As dimensões

Realização:

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

incluídas na análise englobam manufatura e operações, estratégia e organização, interoperabilidade, e aspectos relacionados a pessoas e cultura, além de subdimensões específicas como personalização, análise de dados em tempo real, controle e automação, comunicação máquina a máquina (M2M), modelagem digital, soluções em nuvem, e segurança de TI.

Os níveis de adoção, por sua vez, foram classificados em diferentes estágios de maturidade tecnológica: nível 1 – Inicial: integração limitada da cadeia produtiva com sistemas tecnológicos e processos digitais; nível 2 – Intermediário: presença de sistemas tecnológicos integrando parte das operações, com automação parcial; nível 3 – Avançado: elevada integração entre sistemas, visibilidade completa dos processos e automação significativa; e nível 4 – Otimizado: total integração e automação dos processos, com uso intensivo de tecnologias avançadas e inteligência artificial.

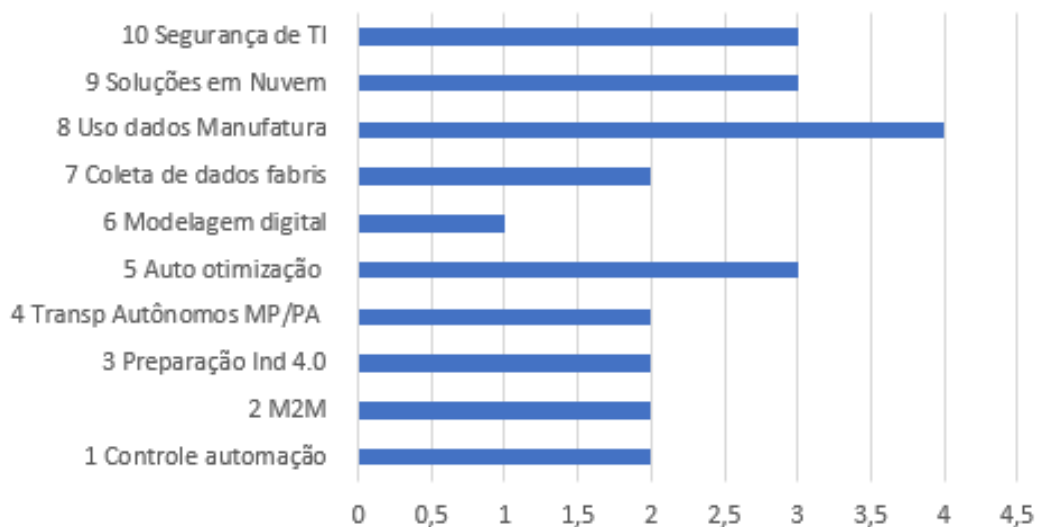
Por meio dessa metodologia, o estudo oferece uma compreensão aprofundada e contextualizada da adoção de tecnologias da Indústria 4.0 na empresa, destacando os impactos nas operações de produção de polietileno micronizado. Os resultados proporcionam insights valiosos tanto para a própria empresa quanto para outras que desejam implementar tecnologias avançadas em seus processos de manufatura.

Posto isto, o artigo também busca contribuir para a literatura existente sobre a Indústria 4.0, apresentando um exemplo prático de implementação e suas implicações em uma empresa real. As práticas observadas e os resultados obtidos podem servir como referência para outras indústrias interessadas em adotar tecnologias similares e para pesquisadores que desejam explorar mais detalhadamente os impactos da Indústria 4.0 em diversos contextos industriais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Analisar os dados obtidos por meio de gráficos que ilustram o impacto das tecnologias da Indústria 4.0 na produção de compostos de polietileno micronizados é fundamental para observar tendências, identificar melhorias e compreender as implicações das inovações tecnológicas nos processos produtivos.

No presente artigo apresentam-se os resultados de análise de quatro (4) dimensões do PIMM4.0: Manufatura e Operações, Estratégia e Organização, Interoperabilidade e Pessoas e Cultura. Os resultados obtidos estão representados nos gráficos abaixo:



Realização:

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

Gráfico 1. Manufatura e Operações

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Na produção de polietileno micronizado, o impacto da Realidade Aumentada (RA) e da Realidade Virtual (RV) na formação e manutenção de habilidades operacionais está diretamente relacionado ao nível de maturidade tecnológica das operações. Primeiramente, a subdimensão "Modelagem Digital", essencial para simular o comportamento do polietileno durante a micronização, ainda se encontra em um estágio inicial, dificultando a adoção plena dessas tecnologias. Já subdimensões como "Controle e Automação" e "M2M" (Machine to Machine), que permitem o controle automático de máquinas e a comunicação entre dispositivos, estão em nível intermediário, facilitando a integração de RA e RV para otimização dos processos. A "Preparação para a Indústria 4.0" e o "Transporte Autônomo de Matérias-Primas e Produtos Acabados (MP/PA)" avançam em direção à automação, enquanto a "Coleta de Dados Fabris" possibilita a captura precisa de informações durante o processo de produção. Ademais, em um nível mais avançado, estão a "Auto Otimização" e o uso de "Soluções em Nuvem", que garantem a eficiência e o ajuste contínuo dos processos de manufatura, além da "Segurança de TI", que protege os dados gerados. Por fim, o "Uso de Dados na Manufatura", como a subdimensão mais madura, destaca-se ao permitir que a análise de dados otimize operações, potencializando o uso de RA e RV na simulação e controle de qualidade.

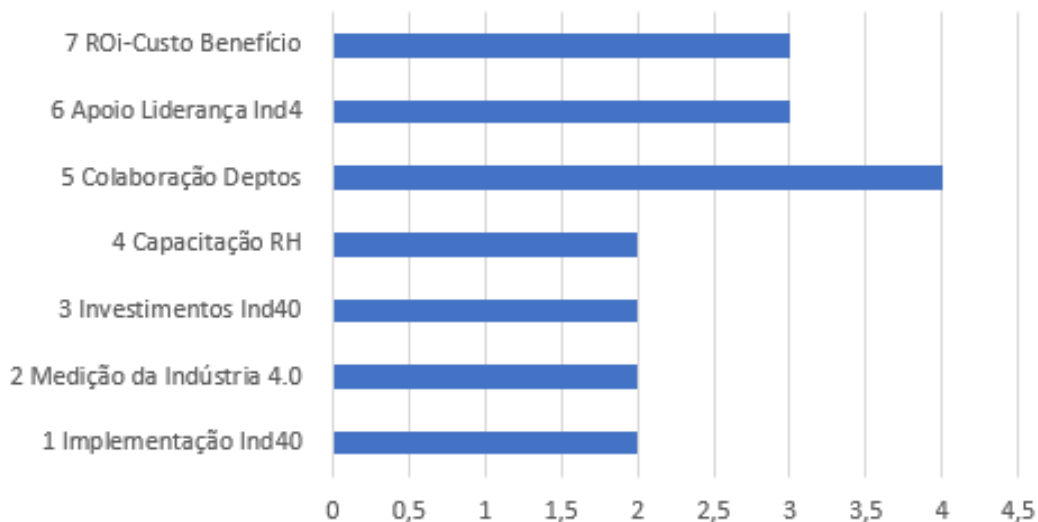


Gráfico 2. Estratégia e Organização

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

O gráfico de "Estratégia e Organização" revela um cenário de maturidade tecnológica intermediária. Quatro subdimensões, incluindo "Implementação Indústria 4.0", "Medição da Indústria 4.0", "Investimentos em Indústria 4.0" e "Capacitação de RH", estão no nível 2, indicando um progresso inicial na adoção de tecnologias e na qualificação da força de trabalho para as novas demandas tecnológicas. A "Implementação Indústria 4.0" e o "ROI (Custo Benefício)" foram avaliados no nível 3, refletindo um estágio intermediário de integração tecnológica e análise de viabilidade financeira, essenciais para justificar os investimentos em RA

Realização:

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

e RV. Para finalizar, a "Colaboração entre Departamentos", classificada no nível 4, justifica uma integração sólida entre diferentes áreas da empresa, fator crucial para o sucesso de iniciativas de Indústria 4.0 e, conseqüentemente, para o uso eficaz de RA e RV nas operações industriais.

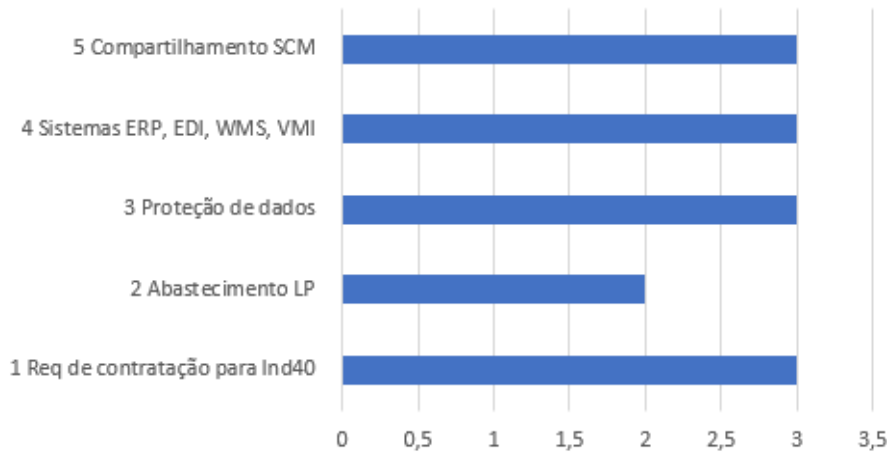


Gráfico 3. Interoperabilidade
Fonte: Elaborado pela autora (2024)

No gráfico de "Interoperabilidade", observa-se que as subdimensões atingem diferentes níveis de maturidade tecnológica. As subdimensões 1 – Requisitos de Contratação para Indústria 4.0, 3 – Proteção de Dados, 4 – Sistemas ERP, EDI, WMS, VMI, e 5 – Compartilhamento SCM alcançam o nível 3, refletindo uma implementação robusta e avançada dessas tecnologias, fundamentais para integrar RA e RV de forma eficiente nos processos produtivos. Em contrapartida a isso, a subdimensão "Abastecimento de Longo Prazo (LP)" encontra-se no nível 2, evidenciando um estágio intermediário de desenvolvimento, com espaço para melhorias no planejamento e fornecimento sustentável a longo prazo, o que é crucial para garantir a continuidade operacional e o sucesso na adoção de tecnologias imersivas.

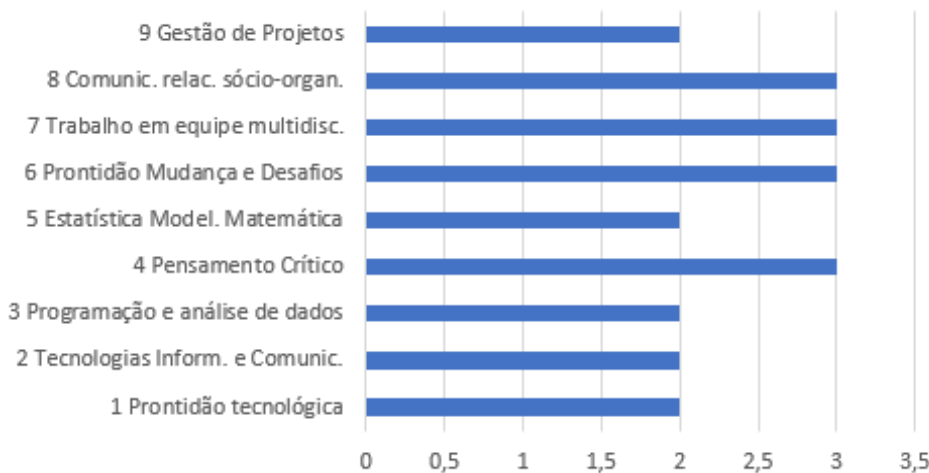


Gráfico 4. Pessoas e Cultura

Realização:

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

Fonte: elaborado pela autora, 2024.

Na dimensão "Pessoas e Cultura", diversas subdimensões relacionadas à adoção de tecnologias emergentes, como "Prontidão Tecnológica", "Tecnologias de Informação e Comunicação", "Programação e Análise de Dados", "Estatística e Modelagem Matemática" e "Gestão de Projetos", encontram-se no nível 2, demonstrando uma preparação inicial e intermediária para a Indústria 4.0. Embora sejam essenciais, essas áreas ainda exigem melhorias significativas para alcançar uma maturidade mais avançada. Um maior domínio em programação e análise de dados, por exemplo, pode permitir uma melhor utilização dos grandes volumes de dados gerados, enquanto uma gestão de projetos mais robusta resultaria em implementações mais eficazes.

Por outro lado, subdimensões como "Pensamento Crítico", "Prontidão para Mudanças e Desafios", "Trabalho em Equipe Multidisciplinar" e "Comunicação e Relações Sócio-Organizacionais" estão no nível 3, indicando um desenvolvimento mais avançado. Essas áreas refletem habilidades cruciais para enfrentar os desafios da Indústria 4.0, como adaptabilidade, colaboração eficaz e comunicação. No entanto, para manter a competitividade e promover uma cultura de melhoria contínua, é necessário continuar aprimorando essas competências.

5. CONCLUSÃO

A Realidade Aumentada e a Realidade Virtual proporcionam ambientes de aprendizado imersivos e interativos, nos quais os trabalhadores podem adquirir habilidades práticas sem a necessidade de intervenção direta em equipamentos físicos, reduzindo riscos e custos associados ao treinamento tradicional. Além disso, essas tecnologias permitem simulações detalhadas de cenários reais de produção, antecipando falhas e preparando os operadores para lidar com desafios específicos da fabricação de polietileno micronizado. A aplicação dessas tecnologias pode aumentar a eficiência operacional, melhorar a qualidade do produto final e minimizar os desperdícios, agregando valor a toda a cadeia produtiva.

Diante disso, este estudo fornece uma análise abrangente sobre a adoção de tecnologias da Indústria 4.0 em uma empresa do setor termoplástico especializada na produção de compostos de polietileno micronizados. Utilizando o modelo PIMM4.0, foram avaliadas quatro dimensões principais: Manufatura e Operações, Estratégia e Organização, Interoperabilidade, e Pessoas e Cultura. Os resultados revelaram diferentes níveis de maturidade tecnológica nas diversas subdimensões analisadas, evidenciando a necessidade de uma abordagem integrada para alcançar uma maturidade tecnológica plena.

Na dimensão Manufatura e Operações, enquanto a "Modelagem Digital" ainda se encontra em estágios iniciais, subdimensões como "Controle e Automação" e "Uso de Dados na Manufatura" já apresentam maturidade avançada. Isso indica que, apesar da necessidade de aprimoramento em áreas específicas, a empresa tem avançado significativamente em suas práticas de otimização de processos, o que favorece a implementação de RA e RV para melhorar o controle de qualidade e a eficiência produtiva.

No que diz respeito à dimensão Estratégia e Organização, a empresa apresenta um progresso intermediário, com subdimensões como "Capacitação de RH" e "Medição da Indústria 4.0" em estágio inicial, enquanto "Implementação Indústria 4.0" e "ROI (Custo Benefício)" demonstram um grau mais elevado de integração tecnológica. O alinhamento contínuo entre a estratégia organizacional e a adoção de tecnologias emergentes será fundamental para sustentar o desempenho competitivo e permitir uma aplicação mais eficaz das tecnologias imersivas.

Realização:

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

A dimensão Interoperabilidade mostrou avanços significativos em áreas como "Proteção de Dados" e "Sistemas ERP", mas desafios permanecem em "Abastecimento de Longo Prazo", destacando a importância de melhorar o planejamento para garantir a continuidade operacional. A capacidade de integração eficaz entre sistemas e processos é crucial para a adoção bem-sucedida de RA e RV.

Por fim, a dimensão Pessoas e Cultura revelou que, embora as subdimensões "Pensamento Crítico" e "Trabalho em Equipe Multidisciplinar" estejam em níveis mais avançados, áreas como "Prontidão Tecnológica" e "Gestão de Projetos" ainda precisam de melhorias para alcançar maior maturidade. A capacitação contínua e o desenvolvimento de competências tecnológicas são essenciais para enfrentar os desafios da Indústria 4.0 e maximizar o potencial das tecnologias de RA e RV.

Em síntese, a pesquisa identificou áreas de progresso e desafios que precisam ser superados para a plena adoção das tecnologias da Indústria 4.0. A empresa deve continuar investindo na modernização tecnológica e na capacitação de sua força de trabalho para garantir que se mantenha competitiva e inovadora. Os resultados apresentados neste estudo podem servir como referência para outras empresas do setor que desejam integrar RA e RV em seus processos, fornecendo insights valiosos sobre as práticas e estratégias necessárias para uma transição bem-sucedida para a Indústria 4.0.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me guiar e permitir a concretização dos meus objetivos ao longo desses anos de estudo. Agradeço também à minha família, cujo amor e companheirismo tornaram essa jornada mais leve. Aos amigos que conquistei ao longo do caminho, sou profundamente grata pela amizade incondicional e pelo apoio constante durante todo o período de dedicação a este trabalho. Por fim, expresso minha gratidão também ao professor Sandro Breval Santiago, cuja orientação e parceria foram essenciais para o meu progresso.

REFERÊNCIAS

da Silva, M. P., Uesugui, E. A., Almeida, D. R., de Jesus Oliveira, D., & Silva, A. D. (2022). USOS E BENEFÍCIOS DA REALIDADE AUMENTADA NA INDÚSTRIA 4.0. *Revista Brasileira de Mecatrônica*, 4(4), 48-64.

Drath, R., & Horsch, A. (2014). Indústria 4.0: Sucesso ou exagero? [fórum da indústria]. *Revista de eletrônica industrial IEEE*, 8 (2), 56-58.

Firjan, P. D. I., & da Inovação, P. (2016). Indústria 4.0. *Publicações FIRJAN: Cadernos SENAI de Inovação*.

Joana, N. G., Maier, G., Vidal, H. W., Jesus, J. C., das Neves Maciel, J. G., da Silva Furtado, L., ... & Mildemberger, L. (2024). PROPOSTA PARA O AUMENTO DO CONFORTO TÉRMICO NO AMBIENTE FABRIL COM PROCESSO DE ROTOMOLDAGEM. *Inova+ Cadernos de Graduação*, 4(2).

Pereira Neto, J. D. O. (2024). *Sistema multiusuário para treinamento em subestações de energia elétrica apoiado por técnicas de realidade virtual*.

Prestes, L. M., & Cleto, M. G. (2019). *Ferramentas da Indústria 4.0: Realidade Virtual e Aumentada. Conceitos e Aplicação*.

Realização:

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

Schwab, K. (2019). *A quarta revolução industrial*. Edipro.

Silva, R. D., Santos Filho, D. J., & Myagi, P. E. (2015). Modelagem de Sistema de Controle da Indústria 4.0 baseada em Holon, Agente, Rede de Petri e Arquitetura orientada a serviços. *12º Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente*.

Zuim, B. B. (2013). *Reaproveitamento energético dos refugos industriais do processo de rotomoldagem a partir da gaseificação* (Tese de Doutorado, UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO).