



AValiação DA ADOÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 EM UMA EMPRESA TERMOPLÁSTICA NO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS - ESTUDO DE CASO

Sterphanni Tavares de Oliveira (UFAM) sterphanni-tavares@hotmail.com

Sandro Breval Santiago (UFAM) sbreval@gmail.com

Resumo

A busca pelo aperfeiçoamento e eficiência abrange a evolução das tecnologias, onde decisões estratégicas precisam ser calculadas para lidar com o mercado. Na qual a Indústria 4.0 propicia ferramentas benéficas para estabelecer um diferencial dentro de seus processos: provendo agilidade, inteligência e medidas sustentáveis nos processos fabris. Com a Indústria 4.0 em alta visibilidade, este artigo busca analisar a maturidade de uma empresa de termoplástico localizada no Polo Industrial de Manaus, aplicando o sistema PIMM 4.0, onde são avaliadas as dimensões de “Produtos e Serviços”, acompanhada pelas suas subdimensões, além de pontuar as oportunidades de melhora. As evidências ressaltam um caminho otimista a ser traçado.

Palavras-Chaves: *XII Simep, Indústria 4.0, Polo Industrial de Manaus, Pimm4.0*

1. Introdução

As quatro revoluções industriais representam marcos históricos que impulsionaram a economia e a tecnologia de forma exponencial. Cada revolução trouxe consigo avanços notáveis, remontando a forma em como se trabalha e se relaciona com tudo ao seu redor.

O Polo Industrial de Manaus (PIM), inaugurado em 1967, é um caso concreto que ilustra como as revoluções industriais impactaram o Brasil. Surgido durante a Segunda Revolução Industrial, com ênfase na produção em larga escala de produtos eletroeletrônicos, o PIM se estabeleceu como um centro industrial crucial na região Norte do país.

Com a quarta revolução industrial, o PIM enfrenta novas oportunidades e desafios. Tecnologias disruptivas, como inteligência artificial, internet das coisas, robótica e biotecnologia, trouxeram consigo o potencial de transformar a forma como as empresas produzem e operam. No entanto, isso traz desafios, como a necessidade de qualificar a mão de obra, melhorar a infraestrutura e lidar com os custos elevados dessas tecnologias.



Essas tecnologias abrem portas para novas oportunidades de negócios, especialmente nas áreas de sustentabilidade, visando a redução do impacto ambiental das indústrias, e na busca pela competitividade global com novas tecnologias.

Assim, o PIM se posiciona diretamente no mercado, competindo de maneira significativa, não aprimora apenas a eficiência operacional, mas também alinha as práticas industriais com princípios ambientais, resultando em benefícios econômicos e ecológicos, como redução de emissões, conservação de recursos e promoção de uma produção mais responsável.

2. Referencial Teórico

2.1 Indústria 4.0

Com esta nova revolução, surgem novos paradigmas para a melhoria de atividades empresariais e sociais dentro da indústria, tornando ainda maior a competitividade entre grandes e pequenas empresas

A Indústria 4.0 é suportada por nove pilares fundamentais, incluindo a integração de sistemas, automação, simulação, entre outros, que em conjunto com essas ferramentas e tecnologias, permitem que uma empresa funcione segundo este conceito inovador.

De acordo com Soares (2022), a implementação da Indústria 4.0 garante que as empresas obtenham um salto de incentivos positivos em pontos relacionados a competitividade do mercado. Trabalhando na otimização de processos e cultivando tecnologias inovadoras, há possibilidades de aumento de produtividade, redução de custos, personalização de serviços e de produtos com qualidade, mantendo divergências do concorrente.

De acordo com Azevedo e Santiago (2019), o desenvolvimento da Indústria 4.0 incrementa a união de forças entre diferentes setores da sociedade. Governo, empresas, universidades e centros de pesquisa precisam unir seus esforços para promover o desenvolvimento tecnológico, investir na educação e na formação de profissionais altamente qualificados, intensificando para alavancar a inovação e o crescimento neste setor estratégico, garantindo a competitividade do país no cenário global.

Além da constante necessidade de inovação e melhoria na qualidade dos produtos e serviços, há também a questão crucial da sustentabilidade. Reduzir os impactos ambientais e sociais exige o desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias e métodos de produção que não apenas



sejam eficientes, mas também sustentáveis. Isso implica em uma busca incessante por soluções que consigam harmonizar produtividade e responsabilidade ambiental.

Em uma tentativa de aumentar a produtividade e a participação da indústria nacional na economia, é importante que sejam feitos investimentos expressivos em parques fabris voltados para a manufatura avançada.

Em paralelo, é fundamental que as empresas percebam a importância do alinhamento estratégico às decisões referentes à implementação de novas tecnologias, visto que a adoção dessas tecnologias pode trazer uma série de benefícios, como a melhoria da eficiência operacional, a redução de custos e a capacidade de resposta rápida às mudanças do mercado.

2.2 Finalidade do PIMM4.0

Na pesquisa, houve a verificação da maturidade da Indústria 4.0 na empresa termoplástica para ser possível visualizar a sua posição na absorção da quarta revolução industrial. Essa ferramenta chamada PIMM4.0 (Polo Industrial de Manaus na Indústria 4.0) tem o objetivo de gerar um diagnóstico preciso sobre o nível de evolução de uma organização.

A maturidade serve como uma bússola para empresas que procuram pontos de sucesso na movimentação da Indústria 4.0. Onde é fornecida uma estrutura robusta para avaliar e mensurar a prontidão dos processos e da organização como um todo para captar os princípios e tecnologias.

Ela é caracterizada como um instrumento que permite a avaliação da indústria, utilizando recursos como modelos matemáticos, ferramentas descritivas e comparativas (Azevedo; Santiago, 2019; Barros et al., 2022; Itikawa; Santiago, 2022)

Foi desenvolvida para servir como ferramenta de praticidade para a contribuição de dados gerados dentro de uma indústria, com o propósito de modernizar e gerar crescimento em questão do avanço tecnológico. Essa plataforma contém dimensões de medição, onde se inclui Produtos, Manufatura, Estratégia, Modelo de Negócios, Cadeia de Suprimentos, Interoperabilidade, Pessoas-Cultura, Sustentabilidade e Governança.

O PIMM4.0 utiliza bases matemáticas e é voltado para a realidade brasileira (Itikawa; Santiago, 2022).

De acordo com Denis e Santos (2019), argumentam que uma característica importante da Indústria 4.0 se trata da produção instantânea programada para atender a demanda dos



consumidores, onde exigirão a criação de redes de unidades de produção, automação de pedidos e planejamento de materiais.

2.3 Maturidade do Polo Industrial de Manaus

Embora a Indústria 4.0 esteja em ascensão globalmente, o Brasil enfrenta desafios significativos para se integrar completamente à esta revolução industrial. Um dos principais obstáculos é a falta de infraestrutura adequada, uma vez que muitas regiões do país não possuem uma infraestrutura digital estável, elemento crucial para a implementação das tecnologias da Indústria 4.0.

Além disso, de acordo com a Conferência Nacional da Indústria (2022) o Brasil tem um baixo investimento em pesquisa e desenvolvimento, ocupando a 54ª posição no ranking global de inovação tecnológica. Isso evidencia a necessidade de um maior investimento e foco em pesquisa e inovação para que o país possa se beneficiar plenamente dos avanços da quarta revolução industrial.

A adoção de tecnologias inteligentes e a subsequente transição para a manufatura avançada têm ocorrido em setores específicos das instalações fabris, tais como a automação da linha de produção e a otimização da cadeia logística de suprimentos.

Entretanto, é crucial destacar que os aportes nessas áreas nem sempre têm como principal impulso a estratégia de adesão ao paradigma 4.0. Frequentemente, tais investimentos são orientados pela exigência de atualização imposta pelo mercado às indústrias, com o objetivo de garantir competitividade em um ambiente cada vez mais dinâmico e acirrado.

Há um destaque na performance da região norte do Brasil, de acordo com a pesquisa PINTEC conduzida pelo IBGE em 2014, essa região evidenciou significativo potencial e impacto no panorama da inovação, contribuindo com mais de R\$119 milhões em produtos e processos inovadores. Colocando a região norte à frente das regiões sudeste e sul, apresentando uma taxa de inovação interna de 43%.

Amazônia deixou de ser uma região pensada a partir de cogitações, para ser pensada e planejada estrategicamente a partir do governo central, o qual se encarregou de criar planos, programas e instituições gerenciadoras para atuar no espaço amazônico (Santana, 2009).

3. Materiais e Metodologias



O objeto deste estudo de caso é uma empresa que possui suas instalações no PIM, atuando no segmento termoplástico, com fabricação de produtos o polietileno, o polimetilmetacrilato (ou acrílico) e o policloreto de vinil (popularmente conhecido como PVC), entre outros. Seu nome e outras informações internas foram mantidos em sigilo para que haja compreensão dos dados sem vínculo direto à uma companhia específica.

Os dados utilizados para essa análise foram coletados por meio do sistema PIMM4.0, conforme mencionado por Azevedo e Santiago (2019). O PIMM 4.0 representa uma metodologia abrangente que examina sete diferentes dimensões de uma empresa:

1. Produtos e Serviços;
2. Manufatura e Operações;
3. Estratégia e Organização;
4. Cadeia de Suprimentos;
5. Modelo de Negócio;
6. Interoperabilidade;
7. Pessoas e Cultura.

Cada dimensão é dividida em subdimensões, totalizando 47 (quarenta e sete) no questionário completo. Na empresa estudada, 18 colaboradores responderam ao questionário, incluindo a liderança, equipe operacional e equipe técnica e administrativa.

A análise dos resultados seguiu uma abordagem quantitativa descritiva, com coleta sistemática de dados, os resultados obtidos foram determinados por meio de média ponderada, onde cada subdimensão foi estipulada uma pontuação para determinar sua maturidade.

Para facilitar a compreensão, métodos estatísticos foram empregados na criação de delimitações, representadas pelo gráfico de radar, que serão analisados posteriormente (Lakatos; Marconi, 2003).

De acordo com Azevedo e Santiago (2019), a metodologia PIMM 4.0 é composta por sete dimensões, das quais este estudo se concentra na dimensão Produtos e Serviços. Essa dimensão, por sua vez, é subdividida em cinco subdimensões, que foram avaliadas em uma escala de 1 a 4, sendo que cada valor representa o nível de maturidade da subdimensão em questão.

Nível 1 - Caracterizado por possuir sistemas tecnológicos e interconexões de processos horizontais e verticais digitais;

Nível 2 - Demonstra uma visibilidade limitada em relação à quarta revolução industrial e uma falta de integração global. Algumas das linhas organizacionais estão presentes nesse estágio;

Nível 3 - Apresenta uma elevada integração de sistemas, permitindo uma melhor visibilidade, com iniciativas focadas em automação;

Nível 4 - Destaca-se pela alta otimização dos processos, além de uma interoperabilidade integrada com os demais níveis.

4. Análise de Resultados

O gráfico abaixo apresenta os dados de acordo com as notas atribuídas por colaboradores da companhia, um resultado de cada uma das dimensões analisadas juntamente com suas subdimensões. Os gráficos apresentam a escala orientada de fora para dentro, onde o centro, representado pelo Nível 4, é o mais avançado e desejado para alcançar a Indústria 4.0.

Figura 1 - Gráfico de pontuação



Fonte: Elaborado: Autores (2024).

4.1 Subdimensões

A Customização é um ponto forte na Indústria 4.0, onde é percebido a individualidade e necessidade de um produto em específico, onde as empresas trabalham para entender como



podem alcançar essa demanda. Os sistemas de produção têm mudado de maneira significativa ao longo do tempo em função dos avanços tecnológicos e sociais alcançados.

Tratando-se da Valorização Digital na indústria 4.0 relaciona-se o reconhecimento e aumento do valor atribuído aos dados, tecnologias digitais e processos de digitalização no contexto da transformação industrial.

Senna e Ribeiro (2023) defendem que as empresas precisam se reinventar, com o conhecimento como base para o sucesso dessa mudança cultural. Essa relação é de mão dupla: a implementação de novas tecnologias e processos depende da capacidade da empresa de absorver e aplicar novos conhecimentos.

A Orientação ao Serviço busca priorizar a criação de relacionamentos duradouros com os clientes através de serviços personalizados, manutenção preditiva e atualizações contínuas.

Onde dados e serviços serão disponibilizados em rede aberta, onde a customização de processos de produção e operação terá maior flexibilidade de adaptação de acordo com as especificações dos clientes (Peixoto; Pereira, 2018).

A Análise e Tratamento de Dados se concentram na coleta, processamento e interpretação de volumes significativos de dados provenientes de sistemas, máquinas, sensores e outros dispositivos conectados em ambientes industriais.

Na Indústria 4.0, observa-se a implementação de produtos e processos mais autônomos e eficientes, proporcionando soluções personalizadas para a produção, logística e atendimento aos clientes (Koch, Kuge, Geissbauer, & Schrauf, 2014).

Em Fontes e Receitas as empresas podem diversificar suas receitas por meio de estratégias como venda de produtos inteligentes, serviços de manutenção preditiva, soluções de monitoramento remoto, atualizações de software, plataformas de dados, automação, customização, treinamento em tecnologia, licenciamento e segurança cibernética.

De acordo com Santos (2018), a interação das empresas com os consumidores, por meio de serviços de apoio e assistência técnica personalizados, pode gerar diversas aplicações vantajosas, como o aumento das vendas e a fidelização dos clientes.



4.2 Análise dos Resultados das Subdimensões

Na figura 1 é observado que a Customização e Valorização digital permanecem em uma definição de 2 em uma pontuação, caracterizando-a como baixa e escassa em seus pontos relacionados a Indústria 4.0.

No caso da Customização, investir em tecnologias de personalização em massa, integração e otimização de dados para entender o nicho que deseja atingir no mercado, assim, existirá a adaptação e flexibilidade para uma produção harmônica e condizente para ofertar ao cliente.

A Valorização Digital, dentre todas as subdimensões, é a que está caracterizada com maior índice de escassez do uso de Indústria 4.0, onde há carência de muitos processos como; integração e digitalização de sistemas e processos e adoção de tecnologias emergentes.

É importante ressaltar que, focar e zelar o desenvolvimento dessa subdimensão, colabora para potencializar a conexão entre atividades e processos internalizados em uma empresa, logo, o desenvolvimento da valorização digital irá coincidir com o sucesso de outras subdimensões.

Orientação ao Serviço, Análise e Tratamento de Dados e Fontes Receitas se estabeleceram em uma média pontual de 3; onde, Análise e Tratamento de Dados possui mais chances de alcançar ao nível 4 de maneira ágil comparado com as outras duas subdimensões.

A Orientação ao Serviço, de acordo com a Figura 1, indica um percentual relativamente bom. Buscando um desenvolvimento mais estratégico, seria possível investir em automação de serviços, análise de feedback dos clientes em tempo de reação e uma adaptação visionária às necessidades do mercado.

A Análise e Tratamento de Dados estabelece um nível próximo de 4 (3,7 de acordo com a média ponderada) sendo positiva entre as subdimensões citadas. É necessário manter o foco para maximizar o seu desenvolvimento: inteligência artificial (IA), uma visão precisa e coerente do mercado que está inserido e aprendido das máquinas para obter insights mais avançados e ponderar decisões certas sobre uma situação.

A Valorização Digital caminha junto da Análise e Tratamento de dados, uma percepção importante ao verificar as subdimensões e como elas se conectam, de forma que ambas subdimensões podem contribuir com trocas inteligentes para aprimorar seus processos e notar a falta de implementações necessárias que possam auxiliar tanto as duas subdimensões, como as outras três subdimensões, visto que o impacto de novas fontes de aprimoração dos processos contribui para uma movimentação interligada em todo o processo fabril.



E por último, Fonte Receitas indica uma performance estável nesta subdimensão, porém, com chances altas de desenvolvimento, o foco pode ser direcionado para a exploração de novos produtos ou serviços, onde trará novas receitas. Podendo haver uma contribuição para os modelos de negócios existentes dentro da própria empresa, visionando a adaptação de processos de acordo com a visão que o mercado pede.

5. Considerações Finais

A análise da implementação da Indústria 4.0 na empresa termoplástica manifestaram-se oportunidades significativas para aprimoramento, em especial nas subdimensões de Customização e Valorização Digital. Tendo apoio para investimentos estratégicos em tecnologias e estratégias específicas, têm o potencial de impulsionar a competitividade e eficiência operacional da empresa.

Na Valorização Digital, a ênfase na integração e digitalização de sistemas, juntamente com a adoção de tecnologias emergentes, crucial para maximizar a eficiência operacional e alinhar estratégias. A interligação entre Valorização Digital e Análise e Tratamento de Dados destaca a importância de ambas as subdimensões, indicando que melhorias em uma podem contribuir para avanços na outra, bem como para as demais subdimensões.

Além disso, o potencial de desenvolvimento nas subdimensões de Orientação ao Serviço, Análise e Tratamento de Dados e Fonte de Receitas destaca áreas estratégicas para fortalecimento. Investir em automação de serviços, análise de feedback em tempo real e exploração de novos produtos ou serviços são opções viáveis para impulsionar o crescimento nessas áreas específicas.

Ressaltando a necessidade de um plano estratégico que contemple investimentos em tecnologias específicas, estratégias de comunicação eficazes, programas de automação e análise de dados, além da exploração contínua de oportunidades de inovação. Ao focar nessas áreas, a organização estará mais bem preparada para enfrentar os desafios e tirar proveito das oportunidades oferecidas pela Indústria 4.0.

A análise que áreas específicas requerem melhorias para fortalecer a implementação da Indústria 4.0. No geral, a empresa se encontra próximo do Nível 03 considerando a média ponderada caracterizada com a base de dados. Encontra-se em um ponto crucial para aprimorar sua posição na era da Indústria 4.0, a análise que áreas específicas requerem melhorias para fortalecer a implementação da Indústria 4.0 sendo essencial focar em áreas identificadas para



melhorias, garantindo uma transição eficaz e alcançando um patamar mais avançado de competitividade e eficiência operacional.

Referências

- AZEVEDO, Americo; SANTIAGO, Sandro Breval. **Design of an Assessment Industry 4.0 Maturity Model: An application to manufacturing company.** In: Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Toronto, ON, Canada. 2019. p. 23-25.
- CIENTÍFICA, Metodologia. **Fundamentos de metodologia científica.** São Paulo: Atlas, 2008.
- HU, S. Jack. **Evolving paradigms of manufacturing: From mass production to mass customization and personalization.** Procedia Cirp, v. 7, p. 3-8, 2013.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de Inovação Tecnológica - PINTEC. **Norte do Brasil: Motivos e recompensas de investir em inovação tecnológica na região.** Portal STARTUPI, 2014.
- KUSHIYAMA, Camila Akemi Souza; VIEIRA, Larissa Rochel; SALTORATO, Patrícia. **INDÚSTRIA 4.0 E A FLEXIBILIZAÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO PARA A CUSTOMIZAÇÃO DE BENS: UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA.** Revista Gestão e Organizações, v. 4, n. 1, 2019.
- GIMENEZ, Denis Maracci; DOS SANTOS, Anselmo Luís. **Indústria 4.0, manufatura avançada e seus impactos sobre o trabalho.** Instituto de Economia, UNICAMP, 2019.
- KOCH, V.; KUGE, S.; GEISSBAUER, R.; SCHRAUF, S. **Industry 4.0: Opportunities and challenges of the industrial internet.** Strategy and Company, 2014.
- LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.
- PEIXOTO, João Alvarez; PEREIRA, Luisa Muller. **Industria 4.0 na auto-organização dos sistemas produtivos.** Revista Eletrônica Científica Da UERGS, v. 4, n. 3, p. 525-538, 2018.
- ROSA, Elisa Soares. **Rede de Soluções da Indústria 4.0 para Customização em Massa—O caso da Indústria de Equipamentos de Teste de Cablagem.** 2022. Tese de Doutorado.
- SANTANA, Arthur Bernady. **BR-163:“ocupar para não entregar”:** a política da ditadura militar para a ocupação do “Vazio” Amazônico. In: Anpuh—XXV, Simposio Nacional de História, Fortaleza. 2009.
- SANTIAGO, Sandro Breval; SILVA, Jose Reinaldo. **Strategic Roadmap for Digital Transformation Based on Measuring Industry 4.0 Maturity and Readiness.** In: International Conference on Innovative Intelligent Industrial Production and Logistics. Cham: Springer Nature Switzerland, 2023. p. 336-347.
- SANTOS, Reginaldo Carreiro. **Proposta de modelo de avaliação de maturidade da Indústria 4.0.** 2018. Tese de Doutorado.
- ZHANG, Min et al. **Linking supply chain quality integration with mass customization and product modularity.** International journal of production economics, v. 207, p. 227-235, 2019.