

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM
FACULDADE DE ESTUDOS SOCIAIS
CURSO DE ADMINISTRAÇÃO

LUAN ARAUJO DE SOUZA MELLO

**ANÁLISE DE MATURIDADE NA INDÚSTRIA 4.0: ESTUDO DE CASO SOBRE A
CADEIA DE SUPRIMENTOS DE UMA EMPRESA DO SEGMENTO
ELETROELETRÔNICO DO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS.**

MANAUS

2025

LUAN ARAUJO DE SOUZA MELLO

**ANÁLISE DE MATURIDADE NA INDÚSTRIA 4.0: ESTUDO DE CASO SOBRE A
CADEIA DE SUPRIMENTOS DE UMA EMPRESA DO SEGMENTO
ELETROELETRÔNICO DO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Administração da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), como requisito para obtenção do título de bacharel.

Orientador: Prof. Dr. Sandro Breval Santiago

**MANAUS
2025**

LUAN ARAUJO DE SOUZA MELLO

**ANÁLISE DE MATURIDADE NA INDÚSTRIA 4.0: ESTUDO DE CASO SOBRE A
CADEIA DE SUPRIMENTOS DE UMA EMPRESA DO SEGMENTO
ELETROELETRÔNICO DO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Administração da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 09/12/2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Sandro Breval Santiago - UFAM
Orientador

Prof.^a. Ms.^a. Ana Cláudia de Araujo Moxoto - UFAM
Avaliador

Prof. Dr. Manoel Carlos de Oliveira Junior - UFAM
Avaliador

Análise de Maturidade na Indústria 4.0: Estudo de caso sobre a Cadeia de Suprimentos de uma empresa do segmento eletroeletrônico do Polo Industrial de Manaus.

Maturity Analysis in Industry 4.0: A case study on the supply chain of a company in the electronics sector located in the Manaus Industrial Park.

Análisis de madurez en la Industria 4.0: Un estudio de caso sobre la cadena de suministro de una empresa del sector electrónico ubicada en el Parque Industrial de Manaus.

Resumo

Este artigo apresenta uma investigação sobre o nível de maturidade digital de uma empresa do setor eletroeletrônico localizada no Polo Industrial de Manaus, com foco específico na dimensão da cadeia de suprimentos e suas subdimensões, utilizando como instrumento metodológico o modelo PIMM 4.0 (Processos de Indicadores de Maturidade para a Indústria 4.0), reconhecido por avaliar a aderência das organizações aos princípios da Quarta Revolução Industrial; a pesquisa, de caráter quantitativo e descritivo, foi conduzida por meio da coleta estruturada de dados junto a 27 respondentes diretamente envolvidos nos processos organizacionais, permitindo mensurar o grau de integração digital, automação e conectividade da cadeia de suprimentos, além de identificar pontos fortes já consolidados e lacunas que ainda precisam ser superadas para que a empresa alcance maior eficiência, visibilidade e competitividade em um cenário marcado pela transformação digital industrial, podemos verificar que a empresa submetida encontra-se em um nível de maturidade intermediário.

Abstract

This article presents an investigation into the level of digital maturity of a company in the electronics sector located in the Manaus Industrial Park, with a specific focus on the supply chain dimension and its sub-dimensions, using as a methodological instrument the PIMM 4.0 model (Process Maturity Indicators for Industry 4.0), recognized for evaluating the adherence of organizations to the principles of the Fourth Industrial Revolution; the research, of a quantitative and descriptive nature, was conducted through the structured collection of data from 27 respondents directly involved in organizational processes, allowing the measurement of the degree of digital integration, automation and connectivity of the supply chain, in addition to identifying already consolidated strengths and gaps that still need to be overcome for the company to achieve greater efficiency, visibility and competitiveness in a scenario marked by industrial digital transformation, we can see that the company in question is at an intermediate level of maturity.

Resumen

Este artículo presenta una investigación sobre el nivel de madurez digital de una empresa del sector electrónico ubicada en el Parque Industrial de Manaus, con especial atención a la cadena de suministro y sus subdimensiones. Para ello, se utilizó como instrumento metodológico el modelo PIMM 4.0 (Indicadores de Madurez de Procesos para la Industria 4.0), reconocido por evaluar la adhesión de las organizaciones a los principios de la Cuarta Revolución Industrial. La investigación, de carácter cuantitativo y descriptivo, se llevó a cabo mediante la recopilación estructurada de datos de 27 participantes directamente involucrados en los procesos organizacionales. Esto permitió medir el grado de integración digital, automatización y conectividad de la cadena de suministro, además de identificar las fortalezas consolidadas y las

áreas de mejora que la empresa debe superar para alcanzar mayor eficiencia, visibilidad y competitividad en un escenario marcado por la transformación digital industrial, Podemos observar que la empresa en cuestión se encuentra en un nivel intermedio de madurez.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Cadeia de suprimentos. Maturidade digital.

Keywords: Industry 4.0. Supply chain. Digital maturity.

Palabras clave: Industria 4.0. Cadena de suministro. Madurez digital.

1. Introdução

A chamada Indústria 4.0 representa uma nova era da manufatura e da organização produtiva, marcada pela convergência de tecnologias digitais avançadas que transformam profundamente os processos industriais e logísticos. Essa revolução tecnológica é caracterizada pela integração de sistemas ciberfísicos, pela utilização intensiva da Internet das Coisas (IoT), da inteligência artificial (IA), do big data e de ferramentas de automação inteligente, que permitem a criação de ambientes produtivos altamente conectados, autônomos e responsivos (Souza et al., 2021). Diferentemente das revoluções industriais anteriores, que se concentraram em avanços mecânicos, elétricos e de automação básica, a Indústria 4.0 inaugura um paradigma em que dados e informações tornam-se ativos estratégicos, capazes de orientar decisões em tempo real e de promover cadeias de suprimentos mais ágeis, transparentes e resilientes.

No contexto brasileiro, a Zona Franca de Manaus (ZFM) assume papel estratégico como polo de industrialização da região Norte, sendo responsável por grande parte da produção eletroeletrônica nacional e por significativa contribuição ao desenvolvimento econômico regional. Entretanto, a ZFM enfrenta desafios estruturais e logísticos que dificultam sua plena inserção na lógica da Indústria 4.0. Entre os principais obstáculos destacam-se a distância geográfica em relação aos grandes centros consumidores e fornecedores, as limitações de infraestrutura de transporte e comunicação, além da necessidade de superar barreiras relacionadas à qualificação da mão de obra e à adoção de práticas organizacionais voltadas para a inovação (Lopes, 2022).

A implementação da Indústria 4.0 na ZFM é, portanto, percebida como uma oportunidade estratégica para ampliar a competitividade industrial e, ao mesmo tempo, promover o desenvolvimento sustentável da região. Contudo, para que essa transição seja efetiva, torna-se imprescindível investir em infraestrutura digital robusta, em programas de capacitação profissional e em iniciativas de inovação tecnológica que permitam às empresas não apenas adotar novas ferramentas digitais, mas também integrá-las de forma coerente e eficiente aos seus processos produtivos e logísticos (Vale, 2024).

Estudos recentes apontam que, apesar de avanços pontuais em algumas áreas, o Polo Industrial de Manaus (PIM) ainda apresenta um nível relativamente baixo de maturidade digital. Essa limitação é particularmente evidente nas dimensões relacionadas à integração e à visibilidade da cadeia de suprimentos, aspectos que são críticos para a construção de sistemas produtivos mais ágeis e transparentes. A ausência de integração plena entre os diferentes elos da cadeia e a dificuldade em monitorar processos em tempo real comprometem a eficiência e a capacidade de resposta das organizações frente às demandas do mercado (Souza; Santos, 2022).

Nesse cenário, ferramentas de avaliação como o PIMM 4.0 (Processos de Indicadores de Maturidade para a Indústria 4.0) tornam-se essenciais para diagnosticar o estágio de transformação digital das empresas. O modelo PIMM 4.0 permite mensurar o grau de maturidade em diversas dimensões, incluindo logística, interoperabilidade e estratégia, oferecendo uma visão estruturada que orienta a formulação de planos de ação voltados para a melhoria contínua e para a evolução rumo a níveis mais avançados de maturidade digital (Lima et al., 2022).

Assim, a presente pesquisa busca analisar o estágio de maturidade digital de uma empresa do setor eletroeletrônico localizada no Polo Industrial de Manaus, com foco na dimensão da cadeia de suprimentos, utilizando o modelo PIMM 4.0 como ferramenta metodológica. A relevância deste estudo reside não apenas na possibilidade de compreender as lacunas existentes, mas também em oferecer subsídios para que organizações da ZFM possam estruturar estratégias de transformação digital alinhadas às exigências da Indústria 4.0. Ao discutir os resultados obtidos, pretende-se contribuir para o debate acadêmico e prático sobre os desafios e oportunidades da digitalização industrial em contextos periféricos e logisticamente complexos, como o da Amazônia.

2. Referencial Teórico

2.1. Indústria 4.0

A chamada Indústria 4.0, também conhecida como Quarta Revolução Industrial, pode ser compreendida como um marco histórico e tecnológico que resulta da junção e da integração de diferentes tecnologias digitais e inteligentes aplicadas aos processos industriais. Entre essas tecnologias destacam-se a Inteligência Artificial (IA), a Internet das Coisas (IoT), os sistemas de automação avançada e a robótica colaborativa, que passam a ser incorporados de maneira transversal em diversas áreas da indústria. Essas áreas incluem não apenas os processos de produção e manufatura, mas também a gestão da cadeia de suprimentos, os sistemas de logística integrada e até mesmo os processos administrativos e gerenciais, que estão presentes

diariamente nas rotinas de grandes organizações industriais. Nesse sentido, a Indústria 4.0 pode ser entendida como uma conexão inteligente e dinâmica entre maquinários, processos produtivos e tecnologias da informação e comunicação, criando um ecossistema industrial altamente interligado e orientado por dados (Silveira et al., 2023).

A Indústria 4.0 representa, portanto, uma transformação de grande magnitude nos sistemas produtivos contemporâneos, marcada pela integração simultânea de tecnologias digitais, físicas e biológicas. De acordo com Schwab (2017), essa revolução é caracterizada por uma fusão de tecnologias que está progressivamente ultrapassando as fronteiras entre as esferas física, digital e biológica, criando novos paradigmas de interação entre máquinas, sistemas e seres humanos. Essa perspectiva evidencia que a Indústria 4.0 não pode ser reduzida apenas ao conceito de máquinas inteligentes ou sistemas conectados em rede, mas deve ser compreendida como um processo de transformação estrutural de sistemas inteiros de produção, gestão e governança. Trata-se de uma mudança que envolve não apenas a adoção de novas ferramentas tecnológicas, mas também a reconfiguração dos modelos operacionais tradicionais, exigindo das organizações o desenvolvimento de novas competências profissionais, a construção de infraestruturas tecnológicas robustas e a capacidade de realizar a integração de dados em tempo real para apoiar a tomada de decisão.

Além disso, a Indústria 4.0 promove avanços significativos na capacidade produtiva e nas competências operacionais das empresas, impactando diretamente dimensões como qualidade, produtividade, redução de custos, flexibilidade e inovação. Esses avanços decorrem da utilização intensiva de tecnologias inteligentes que permitem maior controle e previsibilidade dos processos industriais. Segundo Reis (2021), a adoção de ferramentas como big data, inteligência artificial e sistemas de análise em tempo real de dados possibilita às manufaturas brasileiras alcançarem ganhos tanto operacionais quanto estratégicos. Esses ganhos se manifestam, por exemplo, na melhoria da eficiência dos processos, na otimização do uso de recursos, na capacidade de responder de forma mais ágil às demandas do mercado e na criação de novos modelos de negócios baseados em dados. Ressalta-se ainda que tais benefícios são especialmente relevantes para empresas de médio porte com capital nacional, que encontram na Indústria 4.0 uma oportunidade de elevar sua competitividade e consolidar sua posição em um cenário global cada vez mais dinâmico e tecnológico.

2.2. Internet das Coisas (IoT)

Segundo Lombardi (2021) a Internet das Coisas (IoT) refere-se a um sistema de dispositivos interconectados entre si, equipados com capacidade computacional (objetos

inteligentes), identificáveis e habilitados para transferir dados por meio de uma rede, sem necessidade de interação humana. configura-se como um dos pilares centrais e indispensáveis da Indústria 4.0, desempenhando papel fundamental na transformação dos sistemas produtivos contemporâneos. Essa tecnologia possibilita a conexão direta de dispositivos físicos à internet, permitindo a coleta, a troca e a análise de dados em tempo real. A integração de sensores, máquinas e equipamentos em uma rede digital cria condições para que os processos industriais sejam monitorados de forma contínua, garantindo maior precisão e confiabilidade das informações. Com isso, a IoT viabiliza a automação inteligente, a rastreabilidade detalhada de processos e a tomada de decisão orientada por dados, promovendo ganhos expressivos em termos de eficiência operacional, flexibilidade produtiva e capacidade de adaptação às demandas do mercado.

Segundo Colombo e Lucca Filho (2018), a IoT “revoluciona o mundo dos negócios ao permitir que objetos físicos estejam conectados à rede e sejam acessados remotamente, sem restrição de tempo ou espaço”. Essa afirmação evidencia a magnitude da transformação proporcionada pela tecnologia, uma vez que rompe com os limites tradicionais da produção industrial e amplia as possibilidades de gestão e controle. Os autores destacam que essa conectividade não apenas modifica os modelos produtivos convencionais, mas também cria condições para a interoperabilidade entre máquinas, sistemas e pessoas, estabelecendo ambientes industriais mais inteligentes, responsivos e integrados. Essa interoperabilidade é essencial para que diferentes componentes da cadeia de valor possam atuar de forma coordenada, reduzindo falhas, otimizando recursos e aumentando a capacidade de resposta das organizações.

Complementando essa perspectiva, Brito, Guazeli Filho e Pepece Junior (2022) ressaltam que a aplicação da IoT no contexto da Indústria 4.0 contribui diretamente para a redução de custos operacionais, o aumento da produtividade e a melhoria na gestão de ativos industriais. A troca contínua de informações entre sensores, equipamentos e sistemas integrados permite que as empresas adotem uma postura preditiva e adaptativa, antecipando problemas e ajustando processos de acordo com as variações do ambiente produtivo. Essa capacidade de prever e reagir de forma dinâmica é considerada essencial para a manutenção da competitividade no cenário industrial contemporâneo, marcado por alta complexidade e constante transformação tecnológica.

A IoT, portanto, deve ser entendida como uma tecnologia que transcende a simples conexão de dispositivos, configurando-se como um ecossistema digital interligado que sustenta

a lógica da Indústria 4.0. Sua aplicação amplia as fronteiras da automação, fortalece a integração entre diferentes áreas da organização e cria condições para que os processos industriais sejam cada vez mais orientados por dados, promovendo ambientes produtivos mais inteligentes, flexíveis e resilientes.

2.3. Cadeia de Suprimentos

A Indústria 4.0 tem provocado transformações profundas e significativas na gestão da cadeia de suprimentos (GCS), ao introduzir e integrar um conjunto de tecnologias digitais que ampliam a capacidade das organizações em termos de visibilidade, rastreabilidade e automação dos processos logísticos. Essa integração tecnológica não apenas redefine os fluxos operacionais, mas também cria condições para que as empresas possam atuar em ambientes altamente dinâmicos e competitivos. A aplicação de sistemas ciber-físicos, da Internet das Coisas (IoT), do big data e da inteligência artificial (IA) tem potencializado de maneira expressiva a capacidade das organizações de responderem de forma ágil, eficiente e adaptativa às demandas do mercado, permitindo maior previsibilidade e controle sobre os processos que compõem a cadeia de suprimentos.

Segundo Souza, Abreu e D'Agosto (2021), a Indústria 4.0 tem impulsionado o desenvolvimento de soluções tecnológicas voltadas especificamente para a logística e para a gestão da cadeia de suprimentos, com foco em três dimensões centrais: eficiência operacional, sustentabilidade e integração de processos. Os autores ressaltam que, no contexto brasileiro, observa-se um crescimento significativo nas pesquisas relacionadas à chamada Logística 4.0, especialmente aquelas que exploram o uso da IoT e dos sistemas ciber-físicos. Essas tecnologias permitem maior controle sobre as operações logísticas, além de viabilizar a automação de atividades que antes dependiam de intervenção manual, promovendo maior confiabilidade e consistência nos resultados. A rastreabilidade em tempo real, por exemplo, torna-se um recurso estratégico para monitorar fluxos de transporte, estoques e movimentações de produtos, reduzindo incertezas e aumentando a capacidade de resposta frente a imprevistos.

Complementarmente, Silva, Kovaleski, Pagani e Silva (2019) afirmam que os modelos orientados pela lógica da Indústria 4.0 são fundamentais para guiar as empresas na aplicação prática dessas tecnologias em suas cadeias de suprimentos. A integração entre processos físicos e digitais, realizada por meio de sistemas inteligentes, possibilita que as organizações atuem de forma colaborativa e adaptativa, estabelecendo redes produtivas mais conectadas e resilientes. Essa integração promove ganhos expressivos em produtividade, qualidade e redução de custos,

ao mesmo tempo em que fortalece a capacidade das empresas de se posicionarem de maneira competitiva em mercados cada vez mais exigentes. A utilização de dados em tempo real, combinada com algoritmos de inteligência artificial, permite que decisões estratégicas sejam tomadas com maior precisão, reduzindo desperdícios e otimizando recursos.

Dessa forma, a Indústria 4.0, aplicada à gestão da cadeia de suprimentos, deve ser compreendida como um processo de transformação estrutural que transcende a simples adoção de tecnologias isoladas. Trata-se de uma reconfiguração sistêmica que envolve a integração de diferentes dimensões — tecnológica, organizacional e operacional — e que redefine a forma como empresas planejam, executam e monitoram suas atividades logísticas.

3. Metodologia

O objeto central deste estudo é uma organização pertencente ao Polo Industrial de Manaus (PIM), atuante no setor eletroeletrônico, cuja linha de produção contempla uma ampla diversidade de produtos tecnológicos e de consumo. Entre os principais itens fabricados pela empresa encontram-se televisores, aparelhos celulares, notebooks e uma gama variada de eletrodomésticos e artigos voltados para o segmento de tecnologia. Por questões éticas e metodológicas, o nome da empresa analisada foi mantido em sigilo, garantindo a confidencialidade das informações e preservando a identidade corporativa da organização.

Para a análise dos dados fornecidos, optou-se pela utilização da metodologia de pesquisa quantitativa descritiva, considerada adequada para estudos que buscam mensurar fenômenos organizacionais de forma objetiva e sistemática. De acordo com Michel (2005), a pesquisa quantitativa caracteriza-se pela utilização da quantificação tanto na coleta de informações quanto em seu tratamento, recorrendo a técnicas estatísticas como percentuais e médias. O objetivo é gerar medidas precisas e confiáveis que possam subsidiar análises estatísticas robustas. Complementarmente, Gil (2007) destaca que a pesquisa quantitativa se fundamenta na utilização de dados estatísticos obtidos por meio de questionários estruturados, permitindo a construção de indicadores que refletem a realidade investigada.

O modelo selecionado para a medição do grau de maturidade digital da empresa em relação à Indústria 4.0 foi o PIMM 4.0 (Processos de Indicadores de Maturidade para a Indústria 4.0). Esse modelo é estruturado sobre três pilares fundamentais — gestão, processos e tecnologia — e tem sido amplamente aplicado em empresas da Zona Franca de Manaus e em outros polos industriais brasileiros, consolidando-se como uma ferramenta metodológica de referência para diagnósticos de transformação digital.

Segundo Breval (2021), o PIMM 4.0 avalia a atuação das empresas em oito dimensões principais: produtos, manufatura, estratégia, modelo de negócios, logística, interoperabilidade, pessoas e cultura, e sustentabilidade. A aplicação da metodologia ocorre em quatro etapas sequenciais: (i) coleta de dados multinível, denominada *kickoff*, que envolve o levantamento inicial de informações; (ii) coleta quantitativa e evidencial, que busca dados objetivos e documentais; (iii) análise preliminar, realizada por meio de relatórios e gráficos que sintetizam os resultados; e (iv) entrega de diagnóstico final, acompanhado de sugestões técnicas para as 68 variáveis analisadas pelo modelo.

A plataforma contempla sete dimensões estruturais, sendo que, para este estudo, foi utilizada especificamente a dimensão de Cadeia de Suprimentos, subdividida em cinco categorias analíticas: Estoque em Tempo Real, Integração SCM, Visibilidade SCM, Agilidade SCM e Lead Times. Além dessas, o modelo também abrange outras dimensões relevantes, como Produtos, Manufatura, Estratégia, Modelo de Negócios, Interoperabilidade, Pessoas-Cultura, Sustentabilidade e Governança.

Essas dimensões permitem classificar as empresas em quatro níveis de estágio de maturidade digital:

Nível 1 – Digital: caracteriza-se por baixo alcance organizacional, com integração limitada da cadeia produtiva aos sistemas tecnológicos e pouca conexão entre processos verticais e horizontais digitais.

Nível 2 – Tecnológico: apresenta a presença de sistemas que integram algumas linhas organizacionais e já conta com automação em produção, porém ainda com baixa visibilidade do modelo 4.0 e sem integração plena.

Nível 3 – Transição: evidencia uma elevada integração dos sistemas, permitindo maior visibilidade e já incorporando iniciativas relevantes em automação.

Nível 4 – Avançado: representa o estágio mais elevado, caracterizado pela alta otimização dos processos e pela interoperabilidade plenamente integrada em todos os níveis da organização.

A pesquisa foi conduzida com um total de 27 respondentes, todos diretamente envolvidos nos processos organizacionais da empresa. Esses participantes desempenham papéis estratégicos e operacionais dentro da organização e foram responsáveis por avaliar as dimensões e subdimensões propostas pelo modelo, com base em critérios previamente

estabelecidos. A participação de diferentes atores internos garantiu maior representatividade dos resultados, permitindo que o diagnóstico refletisse de forma abrangente a realidade da empresa em relação à sua jornada de transformação digital.

4. Apresentação e Discussão dos Resultados

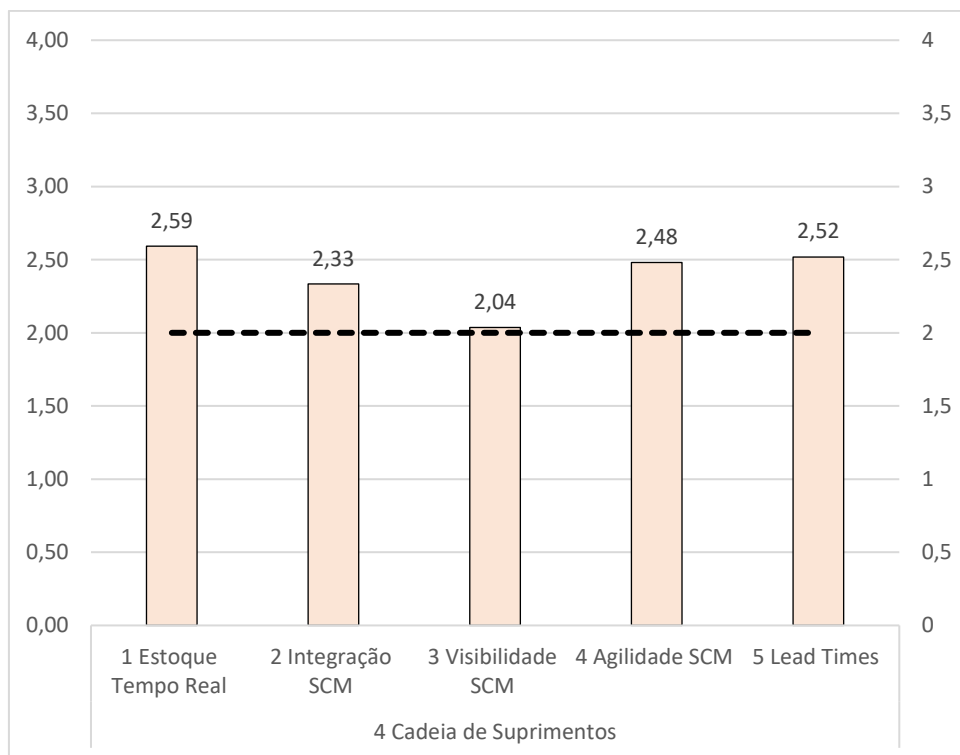
O resultado observado na figura 1, são demonstrados por meio das médias das notas enviadas por 27 colaboradores da organização, o nível de maturidade dentro da dimensão cadeia de suprimentos assim como suas 5 subdimensões, a linha marca a transição de um nível menos integrado com a indústria 4.0 para níveis com a visibilidade maior e uma integralização dos sistemas para uma oportunidade maior de iniciativas de automação de processos.

A primeira subdimensão, denominada Estoque em tempo real, refere-se à capacidade da organização em realizar o gerenciamento contínuo e atualizado das informações relacionadas aos ativos disponíveis. Esse processo é fundamental para assegurar maior assertividade na administração dos recursos, uma vez que possibilita a redução de discrepâncias entre o estoque físico e o registrado nos sistemas de controle. A média obtida nessa dimensão foi de 2,59, a mais elevada entre todas as subdimensões analisadas, o que sugere que a empresa apresenta um desempenho relativamente satisfatório no que concerne à acuracidade do controle de estoque e à confiabilidade das informações utilizadas para a tomada de decisão. Esse resultado pode ser interpretado como um indicativo de que a organização já dispõe de práticas consistentes de monitoramento, mas que ainda há espaço para aprimoramento. Nesse sentido, recomenda-se o investimento em softwares especializados capazes de realizar não apenas o acompanhamento em tempo real, mas também o endereçamento interno dos itens armazenados. A adoção de tais ferramentas contribui para a elevação da precisão dos registros, otimiza a localização dos produtos e fortalece a integração entre os processos logísticos, resultando em maior eficiência operacional e redução de falhas.

A segunda subdimensão, denominada Integração, está relacionada ao grau de articulação entre os diferentes elos da cadeia de suprimentos, abrangendo fornecedores, processos produtivos e atividades de distribuição. A pontuação média obtida foi de 2,33, indicando que, embora exista algum nível de interoperabilidade entre os sistemas utilizados, essa integração não se apresenta de forma plena. Em consequência, determinados processos permanecem fragmentados, o que pode comprometer a fluidez e a eficiência da cadeia como um todo. Esse resultado evidencia a necessidade de mapeamento sistemático dos elos da cadeia de suprimentos, com vistas à identificação de lacunas e pontos de desconexão. Além disso,

recomenda-se a adoção de sistemas de gestão empresarial integrados, como os Enterprise Resource Planning (ERP), que oferecem módulos específicos para fornecedores, produção e distribuição. A implementação de um ERP robusto favorece a visibilidade dos processos, reduz redundâncias, promove maior alinhamento entre as áreas e, por conseguinte, eleva o grau de integração da cadeia de suprimentos.

Gráfico 1 – Dimensão de Cadeia de Suprimentos



A terceira subdimensão, denominada Visibilidade da Cadeia de Suprimentos (Supply Chain Visibility – SCM), apresentou a menor pontuação da organização no presente estudo, com média de 2,04. Esse resultado evidencia que a empresa se encontra em um estágio tecnológico incipiente, caracterizado por baixa capacidade de acompanhamento em tempo real dos processos logísticos e limitada competência para monitorar e controlar os diferentes elos da cadeia de suprimentos. A ausência de visibilidade adequada compromete não apenas a eficiência operacional, mas também a capacidade de resposta da organização frente a imprevistos, uma vez que a tomada de decisão depende de informações fragmentadas e pouco confiáveis. Nesse contexto, emergem diversas oportunidades de aprimoramento. A adoção de tecnologias de Internet das Coisas (IoT) pode desempenhar papel crucial ao possibilitar o rastreamento contínuo de ativos, estoques e operações de transporte, ampliando a transparência e a confiabilidade das informações. Além disso, a implementação de portais colaborativos

voltados para a troca de dados com fornecedores e parceiros estratégicos favorece a integração e a coordenação entre os elos da cadeia. Outro aspecto relevante consiste na criação e utilização sistemática de indicadores-chave de desempenho (Key Performance Indicators – KPIs), tais como o OTIF (On-Time In-Full), o tempo de ciclo e a acuracidade de inventário. Esses indicadores permitem mensurar de forma objetiva a performance logística, fornecendo subsídios para a gestão baseada em evidências e para a promoção de melhorias contínuas.

A quarta subdimensão, denominada Agilidade da Cadeia de Suprimentos (Supply Chain Agility – SCM), obteve média de 2,48, posicionando a organização em um estágio intermediário de maturidade digital. Esse resultado indica que, embora haja avanços, a empresa ainda apresenta capacidade limitada de resposta rápida às variações do mercado e às demandas operacionais emergentes. A agilidade, entendida como a habilidade de adaptar-se de forma eficiente e veloz às mudanças, constitui um fator crítico de competitividade em ambientes dinâmicos e incertos. Para elevar o desempenho nesse aspecto, torna-se imprescindível a adoção de medidas que promovam maior flexibilidade e velocidade nos processos logísticos e produtivos. Entre as ações recomendadas destacam-se: a automatização de tarefas operacionais por meio de sistemas como Warehouse Management Systems (WMS) e Manufacturing Execution Systems (MES); a digitalização e integração de dados em tempo real, que assegura maior consistência informacional; e a implementação de sistemas preditivos baseados em inteligência artificial, capazes de antecipar variações de demanda e ajustar os fluxos produtivos de forma proativa. Complementarmente, práticas como o planejamento just-in-time, a capacitação das equipes em metodologias ágeis e o estabelecimento de parcerias estratégicas com fornecedores contribuem para a construção de uma cadeia de suprimentos mais responsiva e resiliente. Tais iniciativas não apenas reduzem os lead times e os custos operacionais, como também aumentam a confiabilidade das entregas e a satisfação dos clientes, consolidando a agilidade como um diferencial competitivo sustentável.

A quinta subdimensão, relativa aos Lead Times, obteve média de 2,52, posicionando a organização em um nível intermediário de maturidade. Esse resultado indica que a empresa possui certo grau de controle sobre os tempos de atravessamento, mas ainda enfrenta limitações que comprometem a eficiência e a previsibilidade das entregas. A gestão inadequada dos lead times pode gerar atrasos, aumentar os custos e reduzir a confiabilidade da cadeia, impactando negativamente a competitividade organizacional. Para avançar nesse aspecto, recomenda-se a implementação de medidas voltadas à redução dos tempos de espera e ao incremento da fluidez operacional. Entre as ações sugeridas estão: o mapeamento detalhado dos processos para

identificação de gargalos e ineficiências; a aplicação de práticas de Lean Manufacturing, que visam eliminar desperdícios e otimizar fluxos produtivos; e a adoção de sistemas MES (Manufacturing Execution Systems) e APS (Advanced Planning and Scheduling), voltados para o monitoramento e planejamento avançado da produção. Além disso, a integração com fornecedores e transportadoras, aliada à gestão inteligente de estoques e ao uso de tecnologias preditivas, contribui para a sincronização da cadeia e para a construção de um sistema mais responsivo. A capacitação contínua das equipes e a promoção de uma cultura organizacional orientada à melhoria contínua também se configuram como elementos fundamentais para sustentar os avanços obtidos.

Em síntese, os resultados das cinco subdimensões analisadas revelam que a organização apresenta níveis similares de maturidade digital e operacional se enquadrando na faixa dois de maturidade na cadeia de suprimentos. Enquanto a dimensão Estoque em tempo real demonstra desempenho consistente que pode ser potencializado por meio de investimentos tecnológicos, a dimensão Integração evidencia a necessidade de maior alinhamento sistêmico. Já a Visibilidade SCM representa o ponto mais crítico, demandando esforços estruturais e tecnológicos significativos. Por sua vez, as dimensões Agilidade SCM e Lead Times revelam desempenho intermediário, com potencial de evolução mediante a adoção de práticas inovadoras e integradas. A consolidação dessas melhorias é essencial para que a empresa alcance maior eficiência, previsibilidade e competitividade em um mercado cada vez mais dinâmico e exigente.

5. Considerações Finais

Este estudo buscou evidenciar e analisar o estágio de maturidade digital de uma organização pertencente ao setor eletroeletrônico, localizada no Polo Industrial de Manaus (PIM), tendo como foco principal a dimensão da cadeia de suprimentos. Para tanto, utilizou-se como referência metodológica o modelo PIMM 4.0, instrumento que permite avaliar o grau de digitalização e integração dos processos produtivos e logísticos, bem como identificar lacunas e oportunidades de melhoria.

Os resultados da análise revelaram que, embora a empresa demonstre avanços relevantes em determinados aspectos, como o gerenciamento de estoque em tempo real e o controle dos lead times, ainda enfrenta desafios significativos em subdimensões críticas, especialmente no que se refere à visibilidade e à integração da cadeia de suprimentos. Essas

fragilidades indicam que a organização, apesar de já ter iniciado sua jornada rumo à digitalização, encontra-se em um estágio intermediário, caracterizado por iniciativas pontuais de automação e digitalização de todo o seu processo, mas ainda limitado pela falta de interoperabilidade plena entre sistemas e pela baixa transparência nos processos logísticos.

A média geral obtida nas subdimensões avaliadas posiciona a empresa em um nível intermediário de maturidade digital, o que pode significar que há esforços em curso para modernização, mas que tais esforços ainda não se traduzem em um modelo plenamente integrado e inteligente, conforme preconizado pela Indústria 4.0. Em outras palavras, a organização encontra-se em fase de transição, caminhando em direção a um patamar mais avançado, mas ainda distante de alcançar os requisitos de excelência digital e tecnológica que caracterizam os sistemas produtivos altamente conectados e autônomos.

Para que seja possível alcançar maior eficiência operacional e competitividade em um mercado cada vez mais dinâmico e exigente, torna-se essencial que a organização invista de forma estruturada em tecnologias emergentes, tais como a Internet das Coisas (IoT), que possibilita o rastreamento contínuo de ativos e processos; os sistemas MES (Manufacturing Execution Systems), voltados para o monitoramento e controle da produção em tempo real; e os sistemas ERP (Enterprise Resource Planning), que promovem a integração dos diferentes módulos da cadeia de suprimentos em uma única plataforma. Além disso, é imprescindível que a empresa invista na capacitação de suas equipes, fomentando competências digitais e promovendo a adoção de práticas ágeis e colaborativas, que favorecem a adaptabilidade e a inovação.

Outro ponto de destaque refere-se à necessidade de implementação de indicadores de desempenho (KPIs), que permitam mensurar de forma objetiva a performance da cadeia de suprimentos. Indicadores como OTIF (On-Time In-Full), tempo de ciclo e acuracidade de inventário são fundamentais para fornecer subsídios à tomada de decisão baseada em dados, além de possibilitar o acompanhamento contínuo da evolução dos processos. Paralelamente, o fortalecimento das parcerias estratégicas com fornecedores e demais atores da cadeia é igualmente relevante, uma vez que a colaboração interorganizacional constitui elemento-chave para a construção de cadeias de suprimentos mais resilientes e responsivas.

Conclui-se, portanto, que o uso de ferramentas como o PIMM 4.0 é de extrema importância para diagnosticar lacunas, orientar ações estratégicas e apoiar a jornada de transformação digital das empresas. A transição para a Indústria 4.0 não se resume apenas à adoção de tecnologias avançadas, mas exige também uma profunda mudança cultural e

estrutural dentro das organizações. Esse processo é particularmente desafiador em polos industriais como o de Manaus, que enfrentam obstáculos específicos relacionados à infraestrutura, logística e condições regionais.

Todavia, com planejamento estratégico, investimentos consistentes em inovação tecnológica e comprometimento organizacional, é possível consolidar uma cadeia de suprimentos mais inteligente, ágil e conectada, plenamente alinhada às exigências da nova era industrial. Essa transformação não apenas fortalece a competitividade da empresa no mercado global, como também contribui para o desenvolvimento pleno e sustentável do Polo Industrial de Manaus, posicionando-o como referência na adoção de boas práticas avançadas de gestão e tecnologia.

O estudo analisou apenas uma organização do setor eletroeletrônico no Polo Industrial de Manaus, o que limita a generalização dos resultados para outras empresas ou setores, embora a Indústria 4.0 envolva múltiplas dimensões (manufatura, estratégia, interoperabilidade, entre outras), a pesquisa concentrou-se apenas na cadeia de suprimentos, deixando outras áreas sem análise e foi realizado em apenas um único momento.

Para o futuro a sugestão seria ampliar a amostragem a ponto de fazer um comparativo com outras empresas do mesmo ramo, analisar outras dimensões a fim de englobar todas as áreas da empresa e um monitoramento contínuo ao longo do tempo para que haja um retorno referente as ações de melhoria.

6. Referências

BREVAL, Sandro. PIMM 4.0: aplicação de modelo de maturidade e prontidão é desafio para a indústria brasileira. *Indústria 4.0 – Inovação e Processos*, 13 dez. 2021. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/noticias/21947-pimm-40-aplicacao-modelo-maturidade-prontidao-desafio-industria-brasileira>. Acesso em: 29 set. 2025.

BRITO, J. C. V. de; GUAZELI FILHO, C. F.; PEPECE JUNIOR, A. R. Evolução da Indústria 4.0: o papel fundamental da IoT. Faculdade Tecnológica de Assis, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/228929/vol%2003%20-21-36.pdf>. Acesso em: 29 set. 2025.

COLOMBO, J. de F.; LUCCA FILHO, J. de. Internet das Coisas (IoT) e Indústria 4.0: revolucionando o mundo dos negócios. *Interface Tecnológica*, Taquaritinga, v. 15, n. 2, p. 72–85, 2018. DOI: 10.31510/infa.v15i2.496. Acesso em: 29 set. 2025.

GIL, A. C. Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

LIMA, G. de S.; SANTIAGO, S. B.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. C. de. Análise da Maturidade na Indústria 4.0: Um Estudo de Caso no Polo Industrial de Manaus utilizando o sistema PIMM4.0. Universidade Federal do Amazonas, 2022. Disponível em: [arquivo pessoal]. Acesso em: 29 set. 2025.

LOMBARDI, M.; PASCALE, F.; SANTANIELLO, D. Internet of Things: A General Overview between Architectures, Protocols and Applications. *Information*, v. 12, n. 2, p. 87, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/info12020087>.

LOPES, I. de L. Os desafios da “indústria 4.0” na Zona Franca de Manaus. 2022. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Econômicas) – Faculdade de Estudos Sociais, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2022.

MICHEL, J. Pesquisa Quantitativa. In: Universidade Federal do Amapá – UNIFAP. *Tipos de Pesquisa*. [s.l.]: UNIFAP, 2005. Disponível em: <https://www2.unifap.br/midias/files/2012/03/022.pdf>. Acesso em: 29 set. 2025.

REIS, F. B. dos. Indústria 4.0 em manufaturas no Brasil: análise dos benefícios e barreiras de adoção. 2021. Tese (Doutorado em Administração) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SCHWAB, K. A quarta revolução industrial. Tradução de Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2016. Título original: *The Fourth Industrial Revolution*.

SILVEIRA, I.; MANSO, A. C.; BAIRROS, A. da S. Indústria 4.0: conceitos, ferramentas e aplicações na indústria brasileira. In: *ENSUS 2023 – XI Encontro de Sustentabilidade em Projeto*, Florianópolis: UFSC, 05 a 07 de junho de 2023. p. 282–293.

SOUZA, G. M. de; ABREU, V. H. S. de; D’AGOSTO, M. de A. Indústria 4.0 aplicada à gestão da cadeia de suprimentos: uma revisão da literatura. *Brazilian Journal of Production Engineering*, São Mateus, v. 7, n. 2, p. 128–142, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.47456/bjpe.v7i2.35009>. Acesso em: 29 set. 2025.

SOUZA, J. B. de; SANTOS, S. H. A. dos; MATOS, R. P. de. Análise do nível de maturidade de uma fábrica do segmento eletroeletrônico do Polo Industrial de Manaus: estudo de caso. In: *XVI Congresso de Administração, Sociedade e Inovação – CASI*, Niterói, 2025. Anais [...]. ISBN: 978-65-272-1122-8. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/16casi/957165-analise-do-nivel-de-maturidade-de-uma-fabrica-do-segmento-eletroeletronico-do-polo-industrial-de-manaus--estudo-d/>. Acesso em: 29 set. 2025.

VALE, R. V. do. A transformação digital e os avanços tecnológicos na Zona Franca de Manaus: impactos e desafios da implementação da Indústria 4.0 em direção à Sociedade 5.0. 2024. 68 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental) – Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM), Manaus, 2024.