

CADEIA DE SUPRIMENTOS INTELIGENTE: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DO SUBSETOR DE CONCENTRADOS PARA BEBIDAS NÃO ALCOÓLICAS DO PIM

SMART SUPPLY CHAIN: A CASE STUDY IN A COMPANY FROM THE NON-ALCOHOLIC BEVERAGE CONCENTRATES SUBSECTOR OF THE MANAUS INDUSTRIAL POLE (PIM)

Miriam Maristela Reis Moraes¹; Armando Araújo de Souza Júnior².

RESUMO: Este estudo teve como objetivo analisar o nível de maturidade da cadeia de suprimentos de uma empresa do subsetor de concentrados para bebidas não alcoólicas do Polo Industrial de Manaus (PIM), no contexto da Indústria 4.0. Os objetivos específicos foram: avaliar a implantação de elementos da cadeia de suprimentos inteligente, verificar a implementação de tecnologias da Indústria 4.0 e identificar as dificuldades para sua adoção. Para isso, foi realizado um estudo de caso utilizando uma pesquisa quantitativo-qualitativa e descritiva. O Modelo de Maturidade para Logística 4.0, baseado em sete dimensões de Facchini et al. (2020), foi utilizado para avaliar a gestão e o fluxo de materiais e informações. Entrevistas estruturadas com gestores das áreas de engenharia, tecnologia, logística e produção complementaram os dados. Os resultados indicaram um nível de maturidade "Gerenciando" para Funcionários, Sistemas de TI, Produtos Inteligentes e Tecnologias, e "Adotando" para Conhecimento, Estratégia e Liderança, e Armazéns Inteligentes. A empresa demonstrou esforços significativos na digitalização dos processos, mas ainda há oportunidades para expandir o uso das tecnologias da Indústria 4.0.

Palavras-chave: Indústria 4.0, SCM, Cadeia de Suprimentos Inteligente, Modelo de Maturidade.

RESUMO: This study aimed to analyze the maturity level of the supply chain of a company in the non-alcoholic beverage concentrates subsector of the Manaus Industrial Pole (PIM), within the context of Industry 4.0. The specific objectives were to assess the implementation of smart supply chain elements, verify the application of Industry 4.0 technologies, and identify challenges in their adoption. A case study was conducted using a quantitative-qualitative and descriptive research strategy. The Maturity Model for Logistics 4.0, based on seven dimensions by Facchini et al. (2020), was selected to evaluate material and information flow management. Interviews with managers from engineering, technology, logistics, and production substantiated the data. Results showed a "Managing" maturity level for Employees, IT Systems, Smart Products, and Technologies, and an "Adopting" level for Knowledge, Strategy and Leadership, and Smart Warehouses. The company demonstrated significant efforts towards digitalizing processes and advancing smart SCM, though further opportunities remain in fully leveraging Industry 4.0 technologies.

Keywords: Industry 4.0, SCM, Smart Supply Chain, Maturity Model.

¹ Universidade Federal do Amazonas (UFAM) / email: miriammaristela2023@gmail.com

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

Realização:

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

1. INTRODUÇÃO

A transformação digital impulsionada pela quarta revolução industrial, conhecida como Indústria 4.0, tem sido marcada pela adoção de tecnologias inovadoras como simulação, realidade aumentada, manufatura aditiva, robótica avançada, computação em nuvem, entre outras (Frank, Dalenogare & Ayala, 2019). Originalmente concebida como uma política industrial, a Indústria 4.0 evoluiu para uma prática empresarial que permite, por meio de modelos de maturidade, a implementação dessas tecnologias de forma estratégica e eficiente (Schwab, 2016; Frank, Mendes, Ayala & Ghezzi, 2019). Esse novo paradigma possibilita a criação de sistemas ciberfísicos, promovendo maior interconexão e integração dos processos internos das empresas, bem como a melhoria das operações na cadeia de suprimentos (Benitez, Ayala & Frank, 2020).

A cadeia de suprimentos tradicional, antes limitada ao gerenciamento de atividades de aquisição, compras e logística, agora incorpora o uso intensivo de sensores e automação, resultando em uma transformação para a chamada Cadeia de Suprimentos Inteligente (Correia, Teixeira & Marques, 2021). Essa evolução é caracterizada pela conectividade em tempo real, pela utilização de grandes volumes de dados e pela automação dos processos, com o objetivo de reduzir custos e aumentar a eficiência operacional (Wu et al., 2016). Tais inovações são essenciais para atender às demandas do mercado atual, que exige maior agilidade, personalização e sustentabilidade das operações (Schuh et al., 2020; Dalenogare et al., 2018). No entanto, muitas indústrias enfrentam desafios ao integrar as tecnologias da Indústria 4.0, especialmente em relação à digitalização dos processos logísticos e de produção (Ivanov, Dolgui & Sokolov, 2018; Frank, Dalenogare & Ayala, 2019).

No contexto do Polo Industrial de Manaus (PIM), um dos principais polos industriais do Brasil, a competitividade das empresas depende da capacidade de inovação e adaptação às novas tecnologias (Suframa, 2021). O subsetor de concentrados para bebidas não alcoólicas, em particular, enfrenta o desafio de alinhar suas operações às exigências tecnológicas da Indústria 4.0 para manter sua relevância no mercado nacional e internacional. A pergunta que norteou este estudo é: Qual o nível de maturidade da cadeia de suprimentos de uma empresa do subsetor de concentrados para bebidas não alcoólicas do PIM?

O objetivo geral deste trabalho foi analisar o nível de maturidade da cadeia de suprimentos de uma empresa do subsetor de concentrados para bebidas não alcoólicas do PIM, com foco na implementação das tecnologias da Indústria 4.0. A análise da maturidade da cadeia de suprimentos é fundamental, pois modelos de maturidade fornecem uma visão clara dos níveis de progresso de uma empresa em relação à adoção de novas tecnologias (Schumacher, Erol & Sihn, 2016; Ardito et al., 2018). Essa avaliação possibilita identificar lacunas e oportunidades de melhoria, auxiliando na tomada de decisões estratégicas para a digitalização e aprimoramento da cadeia de suprimentos (Asdecker & Felch, 2018; Bagni & Marçola, 2019).

A justificativa deste estudo reside na necessidade de medir e compreender o estágio de maturidade da cadeia de suprimentos como um meio de promover a transformação digital e aumentar a competitividade das empresas. A utilização de modelos de maturidade, além de fornecer diagnóstico, é uma ferramenta que orienta o desenvolvimento de soluções tecnológicas de forma evolutiva, gerando benefícios como maior produtividade, qualidade e flexibilidade operacional (Mittal et al., 2018; Xu, Xu & Li, 2018).

Este artigo está dividido em seis seções, incluindo esta introdução. Na segunda seção é apresentado o referencial teórico que foi utilizado para sustentar a pesquisa empírica. A terceira seção refere-se ao campo da pesquisa e aos procedimentos metodológicos que foram utilizados

Realização:

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

para a realização do estudo e, em seguida, a quarta seção apresenta os resultados do estudo, seguido das considerações finais e referências utilizadas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A Indústria 4.0, também conhecida como a Quarta Revolução Industrial, é o marco atual do desenvolvimento industrial, caracterizada pela convergência de tecnologias digitais, físicas e biológicas. O termo foi utilizado pela primeira vez durante a feira de Hannover, em 2011, como parte de um plano estratégico do governo alemão, com o objetivo de impulsionar o desenvolvimento tecnológico industrial e garantir a competitividade no mercado global (Kagermann, Wahlster & Helbig, 2013). Este novo paradigma representa uma continuidade das revoluções industriais anteriores, cada uma delas marcando transformações significativas nos modos de produção e na economia.

Compreender a Indústria 4.0 requer o reconhecimento das três revoluções anteriores. A Primeira Revolução Industrial, no século XVIII, foi marcada pela introdução da máquina a vapor, o que possibilitou a mecanização da produção e o transporte de cargas (Efing & Tamiozzo, 2020; Venturelli, 2017). A Segunda Revolução, no final do século XIX e início do século XX, trouxe a produção em massa e a energia elétrica, resultando em processos produtivos mais eficientes e a queda dos custos de produtos, democratizando o consumo (Sakurai & Zuchi, 2018). A Terceira Revolução, a partir da década de 1960, introduziu a digitalização dos processos com o uso de computadores e sensores, aumentando a produtividade e a segurança nas indústrias (De Oliveira & Simões, 2017).

A Indústria 4.0, por sua vez, é caracterizada pela integração de sistemas ciber-físicos (CPS) nos processos de manufatura e logística, utilizando tecnologias como Internet das Coisas (IoT) e Internet dos Serviços (IoS). A virtualização e descentralização da produção, possibilitada pelo CPS, cria um ambiente produtivo altamente flexível e responsivo, que se ajusta em tempo real às demandas do mercado (Kagermann, Wahlster & Helbig, 2013). Schwab (2016) destaca a rapidez, amplitude e impacto sistêmico dessa revolução, que é movida por uma série de inovações simultâneas, transformando não apenas a produção, mas também a forma como os negócios e as sociedades se organizam.

Os princípios fundamentais da Indústria 4.0 são a interoperabilidade, virtualização, descentralização, capacidade de operação em tempo real, orientação a serviços e modularidade (Hermann, Pentek & Otto, 2015). A interoperabilidade refere-se à comunicação contínua entre máquinas, sistemas e pessoas, possibilitada por redes interconectadas. Já a virtualização permite monitorar e rastrear processos físicos em tempo real, utilizando dados coletados por sensores e replicados em ambientes virtuais. A descentralização possibilita que máquinas tomem decisões autônomas, enquanto a capacidade de operação em tempo real garante respostas rápidas a mudanças nas condições de produção.

Além disso, a orientação a serviços e a modularidade são fundamentais para a flexibilidade da Indústria 4.0. A arquitetura orientada a serviços permite que as funcionalidades de diferentes sistemas sejam disponibilizadas como serviços, promovendo uma maior integração e eficiência. A modularidade, por sua vez, assegura que os sistemas possam ser adaptados rapidamente às mudanças nas demandas de produção, permitindo a adição, substituição ou expansão de módulos sem grandes interrupções no processo produtivo (Silveira, 2017; Sakurai & Zuchi, 2018).

Entre as tecnologias que viabilizam a Indústria 4.0, destacam-se a Internet das Coisas (IoT), Big Data & Analytics, computação em nuvem, robótica avançada e simulação, todas elas

Realização:

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

proporcionando um ambiente de produção mais inteligente e conectado (Schwab, 2016; De Oliveira & Simões, 2017). A IoT, por exemplo, conecta pessoas, objetos e sistemas, permitindo a troca de informações em tempo real e o controle autônomo de processos. Big Data & Analytics possibilita a análise de grandes volumes de dados, ajudando a otimizar a produção e a prever falhas no sistema. A computação em nuvem, por sua vez, facilita o compartilhamento de informações entre diferentes sistemas e dispositivos, enquanto a robótica avançada e a simulação aumentam a precisão e eficiência dos processos industriais (Bartzodziej, 2017; Venturelli, 2017).

A Indústria 4.0, com suas inovações tecnológicas, impacta diretamente a gestão de cadeias de suprimentos, transformando-as em cadeias de suprimentos inteligentes. A integração de sistemas ciber-físicos (CPS), Internet das Coisas (IoT) e Big Data permite que as cadeias de suprimentos operem de maneira mais eficiente e autônoma, possibilitando o rastreamento em tempo real de processos produtivos, a tomada de decisões descentralizada e a otimização dos fluxos logísticos (Kagermann, Wahlster & Helbig, 2013; Schwab, 2016). Essas tecnologias asseguram uma maior flexibilidade e visibilidade em todas as etapas da cadeia, resultando em operações mais ágeis, adaptáveis às mudanças do mercado, e capazes de gerenciar riscos e demandas de forma mais precisa e em tempo real.

2.1 Cadeias de Suprimentos Inteligente

Para a principal associação mundial de profissionais do setor, CSCMP - Council of *Supply Chain Management* Professional (2013), o gerenciamento da cadeia de suprimentos engloba o planejamento e gerenciamento das atividades envolvidas em aquisição e compras, conversão e todas as tarefas de gerenciamento de logística. É importante ressaltar que essa definição também inclui coordenação e colaboração com parceiros de canal, que podem ser fornecedores, intermediários, prestadores de serviços terceirizados e clientes.

As exigências atuais de mercado tornam mandatória à *Supply Chain Management* a previsão antecipada de demandas de materiais e serviços e o suprimento das necessidades que impactam diretamente na operação da empresa. Falta, excesso, desperdício ou atraso no suprimento de algum material devem ser evitados para garantir a qualidade e eficiência do processo de fabricação (Totvs, 2018; Cravo, 2019).

O propósito da Cadeia de Suprimentos Inteligente é proporcionar condições para que a empresa consiga operar de maneira rápida, inteligente e eficiente, garantindo o adequado suprimento da cadeia de acordo com as necessidades demandadas. Por exemplo, o uso da tecnologia IoT em uma empresa, possibilita, entre outros fatores, visibilidade, compartilhamento de informações e rastreamento automático de materiais e do produto, por meio da etiqueta RFID, ao longo de toda a cadeia (Abdel-basset et al., 2018; Venturelli, 2020).

A melhoria da capacidade de análise, da atuação colaborativa com os demais agentes da cadeia, da quantidade e qualidade das informações, dentre outros, resulta em processos de fabricação e abastecimento mais integrados e eficientes. A indústria é significativamente e positivamente impactada pelas tecnologias inovadoras da Indústria 4.0, sendo, portanto, muito beneficiada pela Cadeia de Suprimentos Inteligente (Bienhaus & Haddud, 2018; Neogrid, 2021).

Nesse sentido, existem várias inovações tecnológicas da Indústria 4.0 que já são utilizadas, confirmando a importância da Cadeia de Suprimentos Inteligente para a eficiente gestão e competitividade de uma empresa no mercado. O Quadro 1 apresenta uma síntese dos principais benefícios.

Realização:

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

Benefícios	Síntese
Rastreamento de ponta a ponta	Integração por modernos softwares, sistemas e automação. A informatização dos processos, Inteligência Artificial, IoT e Machine Learning, permite maior controle da cadeia de suprimentos. Gestores conseguem, através da coleta de dados, antecipar e contornar situações dentro e fora da empresa.
Automatização de processos	Adoção de soluções automatizadas e da redução de processos manuais, burocráticos e lentos. Exemplo: agilidade na comunicação, proporcionando efetividade na tomada de decisão. A implantação de padronização de rotinas dá celeridade aos processos, diminui erros e gera economia, beneficiando à toda extensa cadeia de suprimentos moderna.
Acompanhamento da qualidade do produto	Diversas melhorias nos processos e na utilização dos dados, oferecendo mais qualidade na operação, reforço no controle das linhas de produção, remoção dos gargalos e riscos, resultando na entrega final de produtos competitivos. Os dados auxiliam as empresas na avaliação do desempenho das vendas e dos feedbacks dos clientes.
Previsibilidade de manutenção	Sensores, conexão de equipamentos, integração de sistemas como fundamentos para atuação de forma preventiva na manutenção do parque tecnológico da empresa, identificando e corrigindo preventivamente, por exemplo, pequenas falhas de máquinas. Possibilitando a previsibilidade das demandas presentes ou futuras do mercado, o alinhamento das necessidades e a manutenibilidade do fluxo de atividades.
Redução de custos	Uso de dados, sistemas e equipamentos voltados à integração das atividades promovem a redução de custos. Os dados coletados são compartilhados entre todos os elos da cadeia, facilitando adequação na produção, impedindo desperdício, sobra ou ruptura nos estoques e imobilização de capital com a produção e abastecimento de itens com baixo giro.
Otimização de espaço	Cooperação para a execução equilibrada das etapas de fabricação, com a produção do produto certo e na quantidade ideal, com atendimento à demanda disparada pelo consumidor, no final da cadeia. Abastecimento e distribuição conforme o perfil de consumo, evitando excesso de estoques e a má utilização de espaço nos locais de venda de produto.
Análise de dados aprofundada	Utilização da tecnologia de algoritmos capacita a realização de inúmeras combinações para oferecer informações e dados cada vez mais precisos e decisivos para as estratégias. Melhoria no mix de produtos, na definição de categorias e em outros assuntos importantes.
Satisfação e fidelização do cliente	Reação à demanda a partir do uso da tecnologia gerando consumidores satisfeitos, devido aumento do sortimento e da disponibilidade dos produtos desejados nos locais de venda. O trade marketing, por exemplo, permite o uso de dados coletados do cliente para melhorar a forma de apresentação de um produto, por ocasião das ações promocionais, e fazer adaptações para estimular o consumo.

Quadro 01. Benefícios da Cadeia de Suprimentos Inteligente. Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Totvs (2018), Cravo (2019) e Neogrid (2021).

A Cadeia de Suprimentos Inteligente pode ser então definida como um sistema moderno e interconectado que se expande de operações separadas, regionais e de uma única empresa,

Realização:

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

para operações mais integradas, transparentes, com investimento em tecnologia através da incorporação na cadeia de inovações presentes na Indústria 4.0 (Abdel-Basset et al., 2018; Cravo, 2019).

3. METODOLOGIA

A pesquisa teve como objetivo analisar o nível de maturidade da cadeia de suprimentos de uma empresa do subsetor de concentrados para bebidas não alcoólicas do Polo Industrial de Manaus. O estudo foi classificado como aplicado, com a finalidade de produzir conhecimento prático e imediato para a solução de problemas específicos da empresa (Cooper & Schindler, 2016; Chizzotti, 2018). O caráter da pesquisa foi exploratório e descritivo. A abordagem exploratória buscou familiarizar-se com o problema por meio de revisão bibliográfica e entrevistas, visando construir hipóteses e mapear as ações necessárias (Gil, 2017; Severino, 2017). A pesquisa também teve um caráter descritivo, procurando delinear as características do fenômeno e identificar fatores que influenciam a ocorrência do mesmo (Turroni & Mello, 2012; Gil, 2017).

A abordagem da pesquisa combinou métodos quantitativos e qualitativos. A abordagem quantitativa utilizou ferramentas estatísticas para analisar dados e obter uma amostragem relacionada ao comportamento da população estudada. Essa abordagem previu a mensuração de variáveis preestabelecidas, analisando a frequência de incidências e correlações estatísticas (Miguel, 2018; Chizzotti, 2018). A pesquisa quantitativa buscou medir os resultados e avaliar a autenticidade dos dados através da interpretação de informações numéricas (Gil, 2017; Severino, 2017).

Por outro lado, a pesquisa qualitativa focou na interação no ambiente natural do problema e na expansão da coleta de dados para interpretar e validar os resultados (Creswell & Creswell, 2018). A metodologia de métodos mistos foi empregada, abrangendo a coleta e análise tanto de dados qualitativos quanto quantitativos. Esta abordagem integrou os dados para fornecer uma visão mais completa do fenômeno em estudo, permitindo uma análise mais robusta e detalhada (Johnson, Onwuegbuzie, & Turner, 2007).

3.1 Coleta de Dados

A primeira fase da análise consistiu na elaboração de questionário, para recolher informações gerais, como o nome da empresa, o setor industrial e o número médio de colaboradores. Ademais, o questionário foi composto por 15 questões relacionadas principalmente aos seguintes três macros aspectos fundamentais proposto por Facchini et al. (2020):

- 1) A propensão da empresa para a Indústria 4.0 e cadeias de suprimentos inteligentes, ou seja, conhecimento, percepção e desenvolvimento dinâmico da empresa em relação aos temas gerais abordados, como Indústria 4.0 e Smart Supply Chain.
- 2) O uso atual de tecnologias no processo logístico, ou seja, sistema de gestão de recursos e infraestruturas e dispositivos inteligentes em uso ao longo de todo o processo logístico.
- 3) O nível de investimentos em tecnologias da Indústria 4.0 para uma transição para uma cadeia de suprimentos inteligente, ou seja, conhecimento, posição competitiva e investimentos realizados pela empresa em tecnologias da Indústria 4.0 para uma

Realização:

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

transição Logística 4.0, como IoT, big data, Inteligência Artificial, etc, avaliando obstáculos e vantagens.

A partir das três áreas de avaliação Gestão, Fluxo de material e Fluxo de informação, as questões incluídas na pesquisa foram agrupadas de forma coerente em duas macrodimensões: Gestão e Fluxo de Materiais e Informações. A seguir, para cada uma das sete dimensões do modelo utilizado – Conhecimento; Estratégia e Liderança (S&L); Funcionários; Sistemas de TI; Produtos Inteligentes; Armazéns Inteligentes; Tecnologias – do mesmo modo, um ou mais itens/questões foram considerados para a elaboração do questionário de avaliação. O Quadro 2 apresenta as macrodimensões, dimensões e itens/questões do modelo de maturidade.

Macrodimensões	Dimensões	Itens/Questões
Gestão	Conhecimento Estratégia e Liderança (S&L) Funcionários Sistemas de TI Produtos Inteligentes	Percepção de Adoção
		Dinâmica de Desenvolvimento
		Posição Competitiva
		Impactos
		Obstáculos
Fluxo de material e informações	Armazéns Inteligentes	Habilidades
		Adoção
		Dispositivos
		Instalações de armazenamento
	Tecnologias	Equipamento de armazém
		Impactos
		Obstáculos
		Conhecimento
		Relevância da Tecnologia
		Posição de Adoção
		Investimentos

Quadro 02. Macrodimensões, dimensões e itens/questões do modelo de maturidade. Fonte: Facchini et al. (2020).

A importância prática de cada item de maturidade foi avaliada em uma escala Likert e a técnica adotada para a implementação do modelo foi o processo de hierarquia analítica (AHP).

A escala de verificação de Likert, advém em adotar um construto e desenvolver um conjunto de afirmativas conexas à sua definição, para as quais o entrevistado exprime seu grau de concordância. Uma escala tipo Likert é constituída por questões que o entrevistado, além de concordar ou não, apresenta o grau de intensidade das respostas (Silva Junior & Costa, 2014).

O AHP é um método de análise multicritério baseado em ponderação ativa, no qual os diversos atributos relevantes são representados através de sua importância relativa e, objetiva a seleção, escolha ou priorização de alternativas. Neste método os pesos são atribuídos aos diferentes critérios que caracterizam uma decisão, possibilitando escolher a melhor alternativa ao problema (Saaty, 2008).

Por isso, para cada pergunta do questionário foi atribuído um peso indo de “não importante” (avaliação = 1) a “muito importante” (avaliação = 4). No Quadro 3 são apresentados os pesos atribuídos a cada item/questão, conforme proposto por Facchini et al. (2020).

Realização:

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

Dimensões	Itens/Questões	Peso
Conhecimento	Percepção de Adoção	3
	Dinâmica de Desenvolvimento	3,3
	Posição Competitiva	3,2
Estratégia e Liderança (S&L)	Impactos	3,8
	Obstáculos	3,5
Funcionários	Habilidades	3,4
Sistemas de TI	Adoção	3,9
Produtos Inteligentes	Dispositivos	3,7
Armazéns Inteligentes	Instalações de armazenamento	3,9
	Equipamento de armazém	3,8
	Impactos	3,8
	Obstáculos	3,5
Tecnologias	Conhecimento	3,3
	Relevância da Tecnologia	3,8
	Posição de Adoção	3,9
	Investimentos	4

Quadro 03. Dimensões e peso dos itens/questões do modelo de maturidade. Fonte: Facchini (2020).

Além disso, de acordo com a escala Likert cinco respostas diferentes foram identificadas para cada item/questão. Os seguintes valores foram atribuídos: não inibindo = 5; não muito inibidor = 4; inibidor = 3; inibição suficiente = 2; muito inibidor = 1.

A última etapa da avaliação consistiu na estimativa geral da média ponderada de todos os itens/questões. O nível de maturidade de cada dimensão resultou do cálculo da média ponderada de todos os itens de maturidade dentro de sua dimensão relacionada. Portanto, um intervalo numérico foi atribuído a cada nível de maturidade, de acordo com os seguintes critérios:

- Ignorando → 1
- Definindo → (1; 2]
- Adotando → (2; 3]
- Gerenciando → (3; 4]
- Integrado → 5

Realização:

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

Após a aplicação do questionário, e com base no valor obtido para cada dimensão, foi desenvolvido um relatório de maturidade, cujos resultados são apresentados em tabelas e gráficos.

4. RESULTADOS

4.1 Apresentação da Empresa

A fábrica de concentrados objeto do estudo de caso foi constituída empresa em 16 de agosto de 1988, tendo iniciado a sua operação no PIM em 1989. A empresa tem certificações de gestão ambiental (ISO 14001), da qualidade (ISO 9001:2000) e de segurança e saúde ocupacional (ISO 18001) e possui as seguintes filiais: Rio de Janeiro – RJ, São Paulo – SP, Porto Alegre e Fortaleza – CE.

Nos últimos anos, a empresa passou por profundo processo de modernização de sua estrutura produtiva, favorecendo a fabricação de novos tipos de concentrados, que exigem maior controle na produção e armazenamento. Permitiu, ainda, que a produção ficasse mais complexa, com maior diversidade de produtos.

Apesar do produto base desta empresa ser de cola, por ser o de maior produção da fábrica, dentro da linha de concentrados para bebidas não alcoólicas são fabricados, por exemplo: de guaraná, de laranja, de limão, de uva, sucos, água saborizada, chá e diversos outros sabores e marcas voltados ao mercado doméstico, além das dezenas de tipos de concentrados destinados exclusivamente à exportação.

A empresa é atualmente uma das maiores fábricas de concentrados no mundo. É uma das mais modernas e uma das mais bem-avaliadas empresas do segmento. Produz anualmente cerca de 50 mil toneladas do concentrado de bebidas por ano, que geram mais de 12 bilhões de litros de bebidas finais para os consumidores do Brasil e da América Latina.

Induzidos por essa empresa, diversos fornecedores implantaram unidades industriais em Manaus para a produção de bombonas, extratos aromáticos, corante caramelo, dentre outros. Fornecedores instalados que passaram a abastecer, também, as demais empresas do setor. São vantagens locais que contribuem para o aumento do grau de atratividade da região para as empresas desse segmento produtivo.

Neste sentido, o foco da pesquisa foi a cadeia de abastecimento desta empresa. Considerando que o aumento do grau de abastecimento local de insumos propiciou fortes backward linkages, com importantes efeitos propulsores na agroindústria do interior da região. A empresa compra açúcar mascavo de dezenas de pequenos produtores localizados no interior do estado e investiu na maior empresa agroindustrial do Amazonas, fornecedora de insumos fabricados com matérias-primas regionais, como o açúcar cristal, extrato de guaraná e o álcool neutro.

4.2 Caracterização da Cadeia de Suprimentos

A empresa *locus* do estudo está instalada no Polo Industrial de Manaus, produtora de concentrado para bebidas não alcoólicas. Conforme modelo organizacional estabelecido pela matriz, toda a operação de compras da empresa é baseada nos pedidos *online* dos fabricantes de bebidas (engarrafadores). Embasada nessas demandas a empresa faz todo o planejamento e execução das compras de materiais nos fornecedores internacionais, nacionais e locais.

Realização:

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

A partir do momento que esses materiais chegam na fábrica entram para a verificação da Qualidade e liberados vão para a Produção para fabricação do concentrado. O concentrado passa pelas movimentações logísticas internas e, depois, é levado para a área de montagem dos kits e expedição para entrega do produto final para os clientes: 16 engarrafadores no Brasil (nacional) e 9 engarrafadores no exterior (exportação).

A empresa tem uma rede com 91 fornecedores internacionais, 53 nacionais e 11 locais (incluindo matéria prima regional). O transporte rastreado em tempo real é realizado através de dois grupos de Operadores Logísticos responsáveis tanto pela logística inbound (de materiais) como outbound (do produto).

Em termos de sistemas, a empresa utiliza como base para o SCM o *Integrated Business Planning* – IBP integrado ao ERP Corporativo SAP. O IBP alimenta o SAP - ordens dos clientes (engarrafadores) - e o SAP explora a necessidade de compra de materiais e ordens de produção para manufaturar (são geradas as Listas de Materiais, os Pedidos de Compras e os Planos de Produção). Além das áreas de Planejamento, Compras, Produção e *Warehouse*, o SAP abarca as áreas de Qualidade, Segurança e Finanças. O SAP também é integrado ao Sistema FOURKITES de rastreamento da frota de transporte dos materiais e do produto; e o acompanhamento e o controle das *invoices* internacionais é feito por sistema específico denominado SOVOS. A Figura 1 ilustra resumidamente a integração desses sistemas.

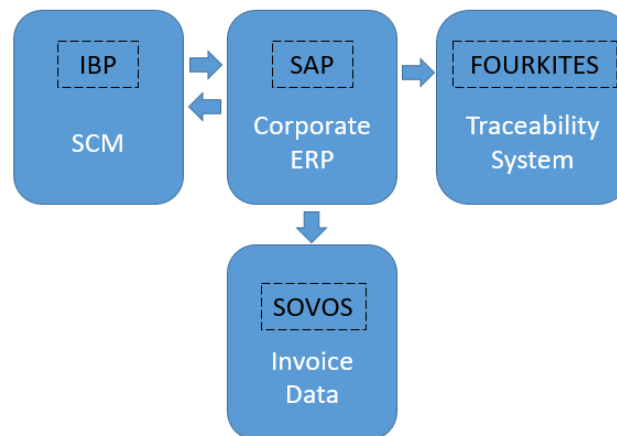


Figura 01. Integração de Sistemas para SCM. Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

4.3 Nível de Maturidade da Cadeia de Suprimentos

A aplicação do Modelo de Maturidade para Logística 4.0 escolhido, a partir das respostas apresentadas no Questionário, gerou scores para as sete dimensões: Conhecimento; Estratégia e Liderança (S&L); Funcionários; Sistemas de TI; Produtos Inteligentes; Armazéns Inteligentes; Tecnologias. Para cada dimensão estão apresentados no Quadro 4 as questões, o peso e suas respectivas pontuações.

Dimensões	Itens/Questões	Peso	Pontuação
	Percepção de Adoção	3	2
	Dinâmica de Desenvolvimento	3,3	3

Realização:

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

Conhecimento	Posição Competitiva	3,2	3
Estratégia e Liderança (S&L)	Impactos	3,8	2
	Obstáculos	3,5	2
Funcionários	Habilidades	3,4	3
Sistemas de TI	Adoção	3,9	4
Produtos Inteligentes	Dispositivos	3,7	4
Armazéns Inteligentes	Instalações de armazenamento	3,9	2
	Impactos	3,8	2
	Obstáculos	3,5	4
	Equipamento de armazém	3,8	2
Tecnologias	Conhecimento	3,3	5
	Relevância da Tecnologia	3,8	3
	Posição de Adoção	3,9	5
	Investimentos	4	3

Quadro 04: Dimensões, itens/questões do modelo, pesos e pontuação. Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Mediante o cálculo da média ponderada, foi identificado o nível de maturidade das sete dimensões. Consequentemente, de acordo com os critérios do modelo, um intervalo numérico foi atribuído a cada nível de maturidade:

- Ignorando → 1
- Definindo → (1; 2]
- Adotando → (2; 3]
- Gerenciando → (3; 4]
- Integrado → 5

Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1 e o Gráfico Radar, ilustrado no Gráfico 1.

Dimensões	Média ponderada	Nível de maturidade
Conhecimento	2,7	Adotando
Estratégia e Liderança (S&L)	2,3	Adotando
Funcionários	3	Gerenciando
Sistemas de TI	4	Gerenciando
Produtos Inteligentes	3	Gerenciando
Armazéns Inteligentes	2,7	Adotando
Tecnologias	4	Gerenciando

Tabela 01. Dimensões, Média Ponderada e Nível de Maturidade. Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

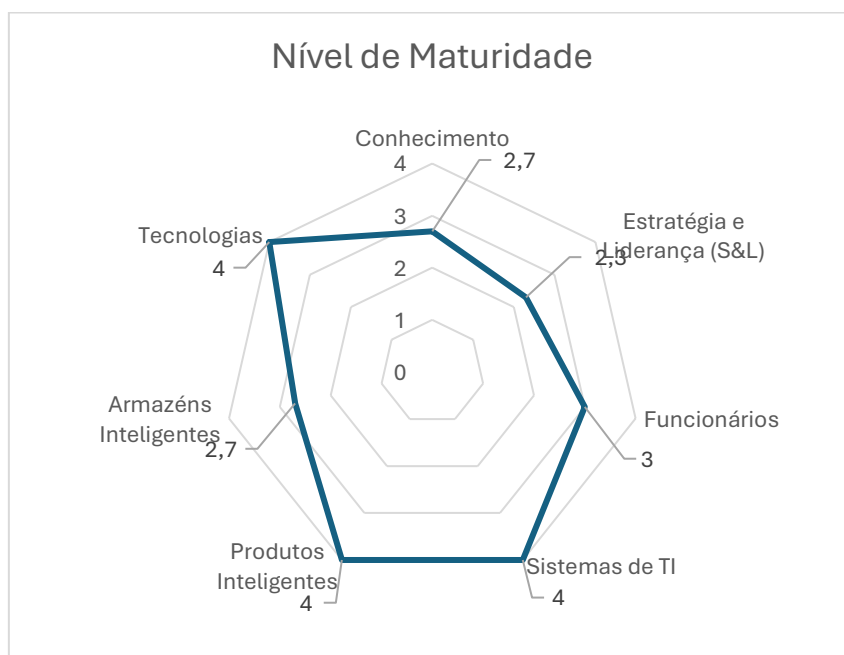


Gráfico 01. Nível de Maturidade das Dimensões do Modelo. Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo analisar o nível de maturidade da cadeia de suprimentos de uma empresa do subsetor de concentrados para bebidas não alcoólicas do Polo Industrial de Manaus (PIM), no contexto da Indústria 4.0.

Os resultados revelam que a empresa em questão tem mostrado um forte empenho em digitalizar seus processos e adotar planos para uma *Supply Chain Management* (SCM) inteligente. Ela utiliza tecnologias como a Computação em Nuvem e automação robótica em seu processo produtivo, o que inclui a visibilidade em tempo real da cadeia de suprimentos, onde materiais e produtos são rastreados automaticamente, permitindo uma melhoria na eficiência e no atendimento aos clientes.

Além disso, o uso de sistemas em nuvem permite o monitoramento em tempo real dos recursos de energia, água e ar comprimido utilizados na fábrica, com painéis acessados via navegador. A manufatura, inspeção e embalagem dos produtos, assim como a limpeza dos equipamentos, são todas automatizadas, demonstrando avanços tecnológicos importantes. No entanto, ainda há espaço para melhorias na implementação das tecnologias da Indústria 4.0 no gerenciamento da cadeia de suprimentos.

A empresa também se destaca por suas iniciativas de capacitação, com 97% dos 284 funcionários participando de treinamentos digitais. Contudo, desafios permanecem, especialmente no que tange à interação completa com tecnologias inteligentes. Como limitação, o estudo focou em uma única empresa, sugerindo-se a ampliação da pesquisa para outras empresas locais.

Realização:

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

REFERÊNCIAS

- Abdel-Basset, M., Manogaran, G., & Mohamed, M. (2018). Internet of Things (IoT) and its impact on supply chain: A framework for building smart, secure and efficient systems. *Future Generation Computer Systems*, 86, 201-218.
- Ardito, L., Petruzzelli, A. M., Panniello, U., & Garavelli, A. C. (2018). Towards Industry 4.0: Mapping digital technologies for supply chain management-marketing integration. *Business Process Management Journal*. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-04-2017-0088>
- Asdecker, B., & Felch, V. (2018). Development of an Industry 4.0 maturity model for the delivery process in supply chains. *Journal of Modelling in Management*, 13(4), 840-883.
- Bagni, G., & Marçola, J. A. (2019). Avaliação da maturidade do processo de S&OP em uma empresa de material de escrita: um estudo de caso. *Gestão & Produção*, 26(1).
- Bartodziej, C. J. (2017). O conceito Indústria 4.0. In *The Concept Industry 4.0*. Springer Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-658-16502-4_3
- Benitez, G. B., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2020). Ecossistemas de inovação da indústria 4.0: Uma perspectiva evolucionária sobre co-criação de valor. *International Journal of Production Economics*, 228, 107735.
- Bienhaus, F., & Haddud, A. (2018). Procurement 4.0: Factors influencing the digitization of procurement and supply chains. *Business Process Management Journal*. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-06-2017-0139>
- Chizzotti, A. (2018). *Pesquisa em ciências humanas e sociais*. Editora Cortez.
- Cooper, D. R., & Schindler, P. S. (2016). *Métodos de pesquisa em administração* (12ª ed.). McGraw Hill Brasil.
- Correia, D. M., Teixeira, L., & Marques, J. L. (2021). Smart Supply Chain Management: The 5W1H Open and Collaborative Framework. In *2021 IEEE 8th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)* (pp. 401-405). <https://doi.org/10.1109/ICIEA52957.2021.9436817>
- Cravo, M. (2021). Indústria 4.0: Cadeia de suprimentos inteligente: Entenda aqui este novo conceito e seus benefícios. *Industria4.0*. Disponível em <https://www.industria40.ind.br/artigo/18160-cadeia-de-suprimentos-inteligente-entenda-aqui-este-novo-conceito-e-seus-beneficios>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. SAGE.
- CSCMP. (2013). Terms and Glossary. Atualizado em agosto de 2013. Disponível em https://cscmp.org/CSCMP/Academia/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx
- Dalenogare, L. S., Benitez, G. B., Ayala, N. F., & Frank, A. G. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*, 204, 383–394. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.019>
- De Oliveira, F. T., & Simões, W. L. (2017). A indústria 4.0 e a produção no contexto dos estudantes da engenharia. *Simpósio de Engenharia de Produção, Brasil*.

Realização:

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

- Efing, A. C., & Tamiozzo, H. C. (2020). Resenha: “A quarta revolução industrial”, de Klaus Schwab. *Revista de Direito Econômico e Socioambiental*, 11(1), 308-312.
<https://doi.org/10.7213/rev.dir.econ.soc.v11i1.27751>
- Facchini, F., Oleśków-Szłapka, J., Ranieri, L., & Urbinati, A. (2020). Um modelo de maturidade para logística 4.0: Uma análise empírica e um roteiro para pesquisas futuras. *Sustainability*, 12(1), 86. <https://doi.org/10.3390/su12010086>
- Frank, A. G., Dalenogare, L. S., & Ayala, N. F. (2019). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.004>
- Frank, A. G., Mendes, G. H. S., Ayala, N. F., & Ghezzi, A. (2019). Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: A business model innovation perspective. *Technological Forecasting and Social Change*.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.01.014>
- Gil, A. C. (2017). *Como elaborar projetos de pesquisa* (6ª ed.). Atlas.
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2015). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. Disponível em
http://www.snom.mb.tudortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf
- Ivanov, D., Dolgui, A., & Sokolov, B. (2018). The impact of digital technology and Industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics. *International Journal of Production Research*. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1488086>
- Johnson, R. B., Onwuegbuzie, A. J., & Turner, L. A. (2007). Toward a definition of mixed methods research. *Journal of Mixed Methods Research*, 1(2), 112-133.
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). Recomendações para a implementação da iniciativa estratégica Industrie 4.0: Relatório final do grupo de trabalho Industrie 4.0. *Acatech*.
- Miguel, P. A. C. (2018). *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*. Elsevier.
- Mittal, S., Khan, M. A., Romero, D., & Wuest, T. (2018). Uma revisão crítica da manufatura inteligente e modelos de maturidade da Indústria 4.0: Implicações para pequenas e médias empresas (PMEs). *Journal of Manufacturing Systems*, 49, 194-214.
- Neogrid. (2021). Tecnologia Cadeia de Suprimentos 4.0: Quais são os impactos e tendências? Disponível em <https://neogrid.com/br/blog/cadeia-de-suprimentos-4-0-quais-sao-os-impactos-e-tendencias>
- Saaty, T. L. (2008). A hierarquia analítica e os processos de medição da rede analítica: Aplicações às decisões sob risco. *European Journal of Pure and Applied Mathematics*, 1(1), 122-196. Disponível em <https://www.ejpam.com/index.php/ejpam/article/view/6>
- Sakurai, R., & Zuchi, J. D. (2018). As revoluções industriais até a Indústria 4.0. *Revista Interface Tecnológica*, 15(2), 480-491. <https://doi.org/10.31510/infa.v15i2.386>
- Schumacher, A., Erol, S., & Sihn, W. (2016). Um modelo de maturidade para avaliar a prontidão e maturidade da Indústria 4.0 de empresas de manufatura. *Procedia CIRP*, 52, 161-166.
- Schwab, K. (2016). *The fourth industrial revolution*. World Economic Forum.

Realização:

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

- Schuh, G., Anderl, R., Dumitrescu, R., Krüger, A., & ten Hompel, M. (2020). *Industrie 4.0 Maturity Index: Managing the Digital Transformation of Companies – UPDATE 2020*.
- Severino, A. J. (2017). *Metodologia do trabalho científico*. Editora Cortez.
- Silva Junior, S. D., & Costa, F. J. (2014). Mensuração e escalas de verificação: Uma análise comparativa das escalas de Likert e Phrase Completion. *PMKT – Revista Brasileira de Pesquisas de Marketing, Opinião e Mídia*, 15, 1-16. <https://doi.org/10.32358/rpd.2017.v4.133>.
- Silveira, C. B. (2017). O que é a Indústria 4.0 e como ela vai impactar o mundo. *Citisystems*. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/industria-4-0>. Acesso em: 17 maio 2021.
- SUFRAMA. (2021). Indústria. Disponível em: <https://www.gov.br/suframa/pt-br/zfm/industria>. Acesso em: 29 jun. 2021.
- TOTVS, Equipe. (2018). Indústria 4.0: Cadeia de suprimentos inteligente: conheça os benefícios. *TOTVS*. Disponível em: <https://www.totvs.com/blog/gestao-industrial/cadeia-de-suprimentos-inteligente>. Acesso em: 30 maio 2021.
- Turrioni, J. B., & Mello, C. H. (2012). *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá.
- Venturelli, M. (2020). Indústria 4.0: Maturidade para Indústria 4.0: avaliação qualitativa e quantitativa para implantação da digitalização. *Industria 4.0*. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/artigo/19931-maturidade-para-industria-40-avaliacao-quantitativa-e-qualitativa-do-nivel-de-tecnologia-gestao-e-pessoas-para-implantacao-da-digitalizacao>. Acesso em: 26 maio 2021.
- Wu, L., Yue, X., Jin, A., & Yen, D. C. (2016). Smart supply chain management: A review and implications for future research. *The International Journal of Logistics Management*, 27(2), 395-417. <https://doi.org/10.1108/IJLM-02-2014-0035>.
- Xu, L. D., Xu, E. L., & Li, L. (2018). Industry 4.0: State of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2941-2962.

Realização:

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