

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E TRANSPORTES**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO**

**AVALIAÇÃO DE MATURIDADE DIGITAL EM CENTROS DE DISTRIBUIÇÃO:  
APLICAÇÃO EM UMA EMPRESA DO SETOR DE BEBIDAS**

**LAURA PINHEIRO LUI**

**ORIENTADORES: VERÔNICA MAURER TABIM E ALEJANDRO GERMÁN FRANK**

**PORTO ALEGRE  
AGOSTO/2023**

**Resumo:** Os consumidores estão cada vez mais exigentes e, além disso, o segmento de distribuição tem crescido consideravelmente nos últimos tempos. Entregas melhores e mais rápidas são diferenciais para empresas que querem estar à frente da concorrência, bem como preparadas para o mercado dinâmico que as cerca. Entretanto, muitas delas ainda utilizam processos manuais na área logística, que são mais demorados e passíveis de falhas, e isso impacta não só o operador logístico, mas também gera perdas, afeta a confiabilidade da informação e a relação com o destinatário. Tendo isso em vista, o presente trabalho desenvolveu um modelo de avaliação de maturidade digital para aplicação em logística interna de centros de distribuição, com o intuito de auxiliar no diagnóstico de nível tecnológico e na proposição de melhorias para avanço de nível. Para isso, levantou-se o estado da arte em termos de modelos de avaliação da maturidade no contexto da Indústria 4.0, analisou-se os principais desafios de produtividade que existem dentro da logística interna e identificou-se uma escala de maturidade para cada um deles. Com isso, desenvolveu-se uma ferramenta capaz de medir o nível de maturidade digital em CDDs, que foi aplicada na empresa de estudo para discutir a viabilidade da implementação de tecnologias da Indústria 4.0 e para definir estratégias para a implementação das mesmas. Em termos de resultado, concluiu-se que o modelo desenvolvido parece ser aplicável para descrever o nível de maturidade digital na logística interna e fornece orientação suficiente para a digitalização desta relevante atividade de agregação de valor na gestão da cadeia de suprimentos. Ele complementa os modelos disponíveis que se concentram, principalmente, no processo de fabricação, trazendo um guia de transformação tecnológica em uma área que ainda é pouco explorada. Em termos de limitações, ele foi testado em apenas uma empresa, sendo interessante a aplicação em um número maior de centros de distribuição e em empresas de diferentes ramos.

**Palavras-chave:** Indústria 4.0, Smart Supply Chain, Análise de Maturidade Digital.

## 1. Introdução

O fenômeno da Indústria 4.0 (I4.0) engloba uma vasta gama de tecnologias avançadas, como a internet das coisas (IoT), a robótica avançada e a Inteligência Artificial (IA), que estão mudando amplamente a manufatura (Meindl et al., 2021). As tecnologias da Indústria 4.0 podem ser divididas em dois grupos: front-end, que considera quatro dimensões inteligentes (Smart Manufacturing, Smart Products, Smart Supply Chain e Smart Working), e tecnologias de base, que compreendem quatro elementos (Internet das Coisas, big data, tecnologia de nuvem e análises) (Frank et al., 2019).

Olhando pelo prisma da dimensão Smart Supply Chain, pesquisas anteriores mostram que ela ainda está em estágios iniciais de desenvolvimento em Indústria 4.0, sendo assim, ela detém grande oportunidade de exploração (Frank et al., 2019). Os Centros de Distribuição, especificamente, possuem papel importante na garantia da eficiência operacional das empresas em produzir ou atender as demandas dos clientes (Sartori et al., 2021), porém, podem possuir diversas perdas envolvidas como ineficiências, falta de confiabilidade nos processos, esperas diversas, subutilização de recursos, transportes a longas distâncias, áreas perdidas para estoques desnecessários, entre outros (Sartori et al., 2021). Por isso, um estudo que vise melhorias tecnológicas, principalmente, nos processos logísticos de recebimento, armazenagem e expedição de produtos poderia otimizar os processos internos e aumentar a competitividade das organizações. Algumas pesquisas, como a de Ghadge et al. (2020), afirmam que tecnologia de nuvem e RFID, por exemplo, podem auxiliar na redução de custos e de níveis de estoque. Já Ghobakhloo e Fathi (2019) sinalizam que escalar trocas de informação e sincronizar as operações entre os envolvidos na cadeia de suprimentos proporciona ganhos em agilidade, eficiência e diminuição das perdas monetárias.

No entanto, para que a Indústria 4.0 tenha uma implementação bem-sucedida em qualquer uma das dimensões, não basta adicionar tecnologias separadamente para objetivos específicos, mas, sim, é necessário seguir um roteiro de digitalização da fábrica (Dalenogare et al., 2018). Um dos primeiros passos que deve ser utilizado em empresas que visam efetivar a Indústria 4.0 é a aplicação de um modelo de avaliação de maturidade, para depois, então, definir-se um roadmap que faça sentido para elas (Schuh et al., 2017; Lu e Weng, 2018). Contudo, muitas organizações enfrentam dificuldades no momento de adotá-los (Akdil et al., 2018; Schumacher et al., 2016). Isso porque a introdução de tecnologias necessita planejamento, objetivo final claro, além de estar alinhada ao contexto particular da instituição (Caiado et al., 2021).

Dentre os modelos de avaliação de maturidade digital existentes, alguns são

bastante amplos, focando em áreas estruturais da organização (e.g. Schuh et al., 2020), outros se preocupam em coletar dados e comparar níveis de maturidade digital entre empresas, mas não os utiliza, nem auxilia na digitalização dos processos em cada uma delas (e.g. Schumacher et al., 2019), ademais, alguns salientam pontos fortes e fracos acerca do nível digital, mas não sugerem ações de melhoria para aumentar a maturidade dos sistemas (e.g. De Carolis et al., 2017). Assim, acabam não sendo completamente suficientes para toda necessidade de aplicação em todos os ramos de negócio.

Pesquisa acerca da maturidade digital de empresas brasileiras de diversos ramos realizada pela consultoria McKinsey & Company, em 2019, indica que elas enfrentam desafios em quatro principais práticas da transformação digital: criação de um roadmap específico ambicioso, priorizado e servindo de base para a estratégia (apenas 10% das empresas executam bem a prática); captação de dados e *analytics* de forma estruturada e integrada via infraestrutura robusta para apoiar a tomada de decisão (12% das empresas executam bem); identificação, capacitação e retenção de talentos que estejam preparados para um modelo de negócio mais digital e analítico (8% das empresas executam bem a prática); e desenvolvimento de mentalidade baseada em dados com a criação de uma rigorosa cultura de tomada de decisão objetiva em nível estratégico, tático e operacional nas áreas de negócio (13% das empresas executam bem a prática).

Portanto, algumas tensões potenciais aparecem na aplicação da Indústria 4.0. Do ponto de vista teórico, ela deve seguir um roteiro claro de implementação de tecnologias baseado na maturidade atual da fábrica e que faça sentido aos objetivos da empresa, contudo, na prática, isso muitas vezes parece não acontecer devido aos problemas acima mencionados. A implementação tecnológica em cada dimensão necessita ser realizada de forma planejada e alinhada com o contexto do negócio, como as necessidades e particularidades do seu processo produtivo, sendo a jornada 4.0 um projeto específico para a realidade de cada empresa. Para isso, o trabalho visa responder a seguinte questão de pesquisa: ***Qual o modelo de avaliação da maturidade digital ideal para centros de distribuição em uma empresa do setor de bebidas?***

Logo, o objetivo do estudo é a realização de um diagnóstico quanto à maturidade tecnológica de um centro de distribuição de uma empresa do setor de bebidas localizada no Brasil, com o intuito de transformá-la em Indústria 4.0. Para tal fim, foi elaborado um modelo de transformação digital específico para centros de distribuição, desenvolvido através da comparação dos principais modelos da literatura. Optou-se pela criação de uma nova ferramenta devido à dificuldade de encontrar um modelo com enfoque em

logística interna. Foi também sugerida a adoção de tecnologias condizentes ao nível de maturidade tecnológica em que ela se encontra alinhadas às suas necessidades estratégicas.

As próximas seções do artigo se organizam da seguinte forma. A seção 2 apresenta a contextualização sobre a Indústria 4.0 e a utilização de tecnologias em centros de distribuição, bem como a revisão de ferramentas de análise de maturidade digital existentes na literatura. Na seção 3, encontram-se o método de pesquisa utilizado, o cenário da empresa, os procedimentos de elaboração da ferramenta, além de coleta dos dados. A seção 4 discorre a discussão dos resultados obtidos. Por fim, as conclusões estão expostas na seção 5.

## **2. Referencial Teórico**

Antes de expor o desenvolvimento do estudo proposto, é importante fornecer algumas informações sobre o embasamento teórico. Primeiramente, são apontadas pesquisas relacionadas ao contexto da indústria 4.0. Após, é exibida a aplicação de Indústria 4.0 em centros de distribuição. Enfim, são apresentados alguns modelos de maturidade da literatura.

### **2.1 Contextualização da Indústria 4.0**

Ao longo da evolução histórica da humanidade, a sociedade presenciou períodos de grande desenvolvimento tecnológico que causaram diversas transformações, tanto econômicas, quanto sociais, e que proporcionaram o surgimento da Indústria (Pereira et al., 2017). A industrialização passou por algumas mudanças até chegar em seu estágio atual: transitou pela fase de mecanização (1ª Revolução), de introdução de eletricidade (2ª Revolução), assim como de digitalização (3ª Revolução) (Lasi et al., 2014). Atualmente, entende-se que ela está em sua 4ª Revolução, também conhecida por Indústria 4.0, que é representada pela conectividade industrial através da utilização de CPS (sistemas ciber-físicos) (Zhou et al., 2015).

A Indústria 4.0 caracteriza-se pela incorporação de tecnologias de informação ao ambiente de produção, promovendo substanciais ganhos de produtividade, eficiência e flexibilidade, e transformando a natureza do trabalho industrial (Tessarini et al., 2018). Dentre as principais tecnologias adotadas, a Internet das Coisas e a computação em nuvem são as mais mencionadas em pesquisas, seguidas de tecnologias de processamento (como simulação, gêmeo digital e inteligência artificial) e, portanto, caracterizam o fenômeno (Culot et al., 2020). Dessa maneira, a integração de processos, transparência de informações em tempo real, representação virtual do

mundo real e autonomia destacam-se como atributos centrais da Indústria 4.0 (Culot et al., 2020).

Estudos de Frank et al. (2019) apontam que essas tecnologias abrem possibilidades em quatro dimensões que compõem a Indústria 4.0: Smart Manufacturing, Smart Supply Chain, Smart Working e Smart Product and Services (vide Figura 1). Essas dimensões consideram os fluxos de valor que integram os processos da empresa com o ambiente externo (Meindl et al., 2021). O enfoque deste trabalho será a dimensão Smart Supply Chain que consolida algumas definições anteriores como Supply Chain 4.0 (Frederico et al., 2019), Digital Supply Chain (Büyükoçkan e Goçer, 2018) e Logística 4.0 (Strandhagen et al., 2017) (Meindl et al., 2021). Podemos defini-la como uma cadeia de suprimentos que integra os parceiros, consegue se auto-organizar, adaptar-se automaticamente às mudanças e tomar decisões inteligentes (Zhang et al., 2022).

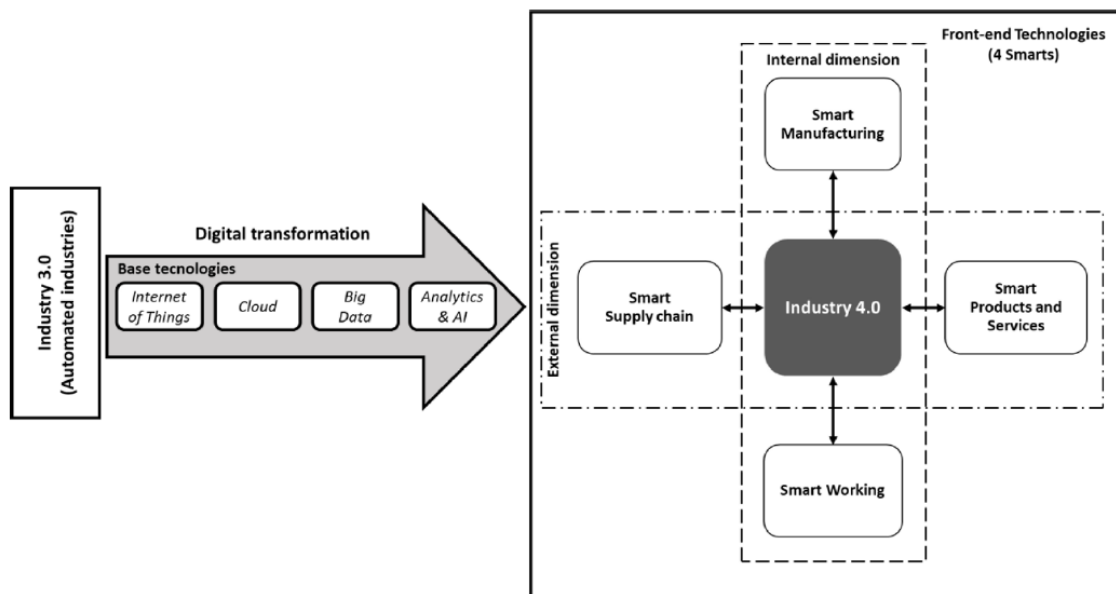


Figura 1 – Modelo Conceitual dos Quatro Smarts da Indústria 4.0.  
Fonte: Meindl et al. (2021).

O gerenciamento da cadeia de suprimentos compreende desde o fornecimento de matérias-primas e fabricação do produto, até a entrega aos clientes finais, por isso, acaba interferindo significativamente nas metas de negócios de todos os players da rede (Gunasekaran et al., 2004). A dimensão Smart Supply Chain, inclusive, pode afetar outras dimensões, como a Smart Manufacturing, tendo em vista que influencia na disponibilidade de insumos para fabricação, na interação entre funções de produção, bem como na eficiência da entrega de produtos acabados aos clientes (Meindl et al.,

2021). Ela também pode impactar na dimensão Smart Working, já que pode reduzir a carga de trabalho humano (Meindl et al., 2021). Por fim, a dimensão Smart Supply Chain pode auxiliar na logística física, no manuseio de matérias-primas e controles de estoque através da utilização de robôs, veículos autônomos e sistemas de rastreamento (Meindl et al., 2021).

A partir disso, conclui-se que desenvolver uma cadeia de suprimentos inteligente e resiliente acaba sendo indispensável.

## **2.2 Dimensão Smart Supply Chain Aplicada a Centros de Distribuição**

A logística é entendida como uma função integradora e transversal dentro e fora da empresa e sua função principal é garantir a disponibilidade da mercadoria certa, na quantidade certa, no local certo, no momento certo, com o custo certo (Schuh et al., 2020). De acordo com Yavas e Ozkan-Ozenb (2020), os centros logísticos precisam se adaptar para sobreviver, pois possuem papel fundamental nas operações locais e globais e, para terem sucesso, eles devem acompanhar os elementos da Indústria 4.0 e se adaptar ao novo paradigma.

A necessidade de investimentos em inovação e em tecnologias na cadeia de suprimentos vem sendo reconhecida pelas organizações como uma forma de se obter vantagem competitiva e agilidade na cadeia de suprimentos (Yusuf et al., 2004).

Tang e Veelenturf (2019) definiram como as principais vantagens das tecnologias da Indústria 4.0 nessa área a maior velocidade nas entregas conduzidas por drones e robôs, o menor custo operacional por monitoramento de estoque usando sensores inteligentes, e uma maior eficiência pelo transporte através de blockchain.

Para Schuh et al. (2020), existem algumas outras tecnologias interessantes para aplicação no setor logístico. Equipamentos de manuseio de materiais equipados com tecnologias de informação, como beacons, veículos autônomos ou tecnologia de Sistemas de Localização em Tempo Real (RTLS), poderiam identificar autonomamente, determinar sua localização atual e capturar dados sobre seu status e sobre as mercadorias transportadas. Já sistemas de tecnologias de informação integrados permitiriam que o destinatário, como, por exemplo, o departamento de produção, solicitasse um item de forma autônoma. No nível de estrutura organizacional, os autores mencionados acreditam que a mudança crucial organizacional no campo da logística seria a maior autonomia de decisão dos parceiros logísticos. Por fim, eles pensam que uso sistemático de tecnologia e de sistemas de informação assegurariam a eficácia das decisões baseadas em dados.

Outras pesquisas também salientam a utilidade de diversas tecnologias na área

de Supply Chain. Inteligência artificial, por exemplo, poderia ser usada para análise de perfis de cada cliente (Ghobakhloo, 2019), internet das coisas poderia maximizar a sinergia entre fabricantes e fornecedores de logística (Lv et al., 2018), assim como soluções blockchain poderiam contribuir para o compartilhamento de informações em tempo real da cadeia de suprimentos para vários parceiros para obter maior transparência e para permitir o uso de recursos e serviços intermediários entre fornecedores e clientes (Culot et al., 2019).

A Indústria 4.0 acaba sendo composta por diversos tipos de tecnologias digitais e na literatura ainda não há consenso sobre quais as mais relevantes, especialmente na dimensão Smart Supply Chain. Sendo assim, as organizações precisam entender e focar nas suas necessidades principais, além de pensar de forma sistemática em como irão implementá-las para atingirem os níveis mais altos de maturidade.

### **2.3 Principais Modelos de Maturidade de Indústria 4.0**

A avaliação da maturidade digital da organização é um ponto de partida importante para a realização efetiva da Indústria 4.0 e, para medi-la, alguns modelos de maturidade já foram desenvolvidos (e.g. Schuh et al., 2020; Schumacher et al., 2019, e De Carolis et al., 2017). Um modelo de maturidade é uma ferramenta para auxiliar as empresas a identificarem qual a sua situação atual em relação à digitalização, qual o objetivo que ela deseja atingir e quais os possíveis caminhos que ela pode percorrer para evoluir nesse quesito. Em geral, ele é uma sequência de estágios usados para avaliar situações e orientar possíveis melhorias (Vivares et al., 2018).

Com o intuito de apresentar a estrutura dos modelos de avaliação de maturidade digital da literatura, abaixo estão destacadas as principais características de alguns estudos.

#### **2.3.1 Modelo ACATECH**

Este modelo de avaliação de maturidade chamado de *Industrie 4.0 Maturity Index: Managing the Digital Transformation of Companies* foi desenvolvido na ACATECH (Academia Nacional de Ciências e Engenharia da Alemanha) em 2017. A abordagem do modelo é baseada em uma sucessão de níveis de maturidade, ou seja, 6 estágios de desenvolvimento baseados em valor, que ajudam as empresas a evoluírem em todas as etapas da transformação digital, desde os requisitos básicos para a Indústria 4.0, até a sua implementação completa (Zeller et al., 2018). São eles: informatização, conectividade, visibilidade, transparência, capacidade preditiva e adaptabilidade. Cada estágio se baseia no anterior e descreve as capacidades que as



empresas devem possuir para alcançá-lo, bem como as vantagens resultantes para a empresa (Schuh et al., 2017). Além disso, é importante ressaltar que a capacidade deve ser construída passo a passo, ou seja, os benefícios do primeiro estágio podem ser alcançados com um nível de capacidade inferior ao do estágio dois (Schuh et al., 2020).

A Figura 2 demonstra os estágios que devem ser percorridos no caminho do desenvolvimento da Indústria 4.0 neste modelo. Vale ressaltar que o nível de maturidade alvo dependerá dos objetivos estratégicos da empresa relacionados com equilíbrio entre capacidade, custos e benefícios.

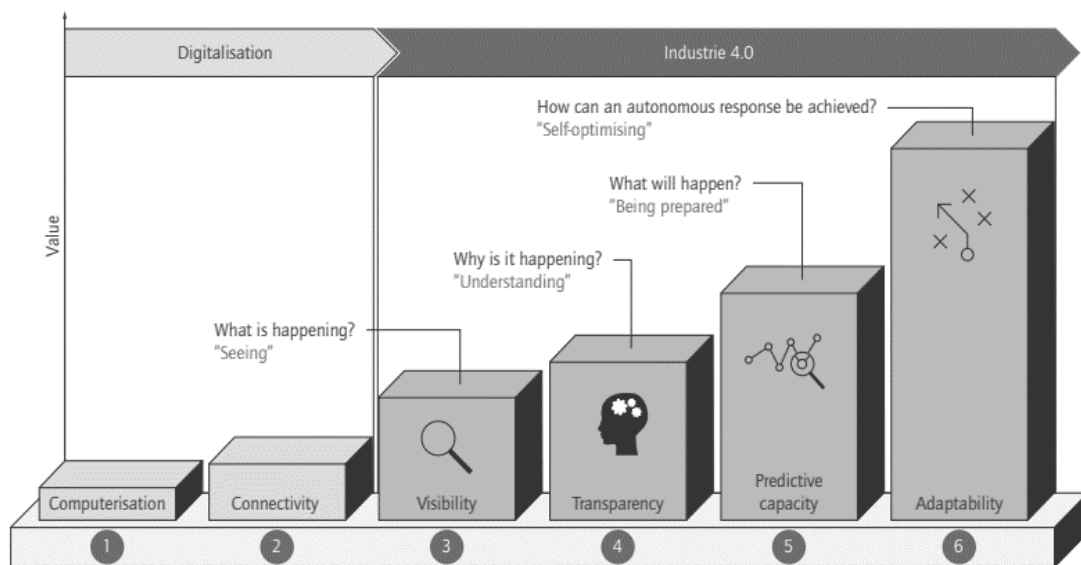


Figura 2 - Estágios no caminho de desenvolvimento da Indústria 4.0.

Fonte: Schuh et al. (2017).

A primeira etapa a ser percorrida é a informatização que servirá como base para a digitalização. Nela há a utilização de diferentes tecnologias de informação, mas que ainda são usadas de forma isolada. Já no estágio seguinte, o da conectividade, a implantação de tecnologias da informação isoladas é substituída por um sistema conectado em rede, entretanto ainda não há uma integração completa entre TI e TO (tecnologias operacionais). Após, temos a etapa de visibilidade, na qual as empresas já utilizam sensores para captura de informação em tempo real nos processos, que auxiliam a gestão pautada por decisão baseada em dados. O estágio seguinte é o da transparência, que é o momento em que a empresa consegue, de fato, interpretar e produzir conhecimento baseado na coleta de dados da etapa anterior. O estágio 5 é o da capacidade preditiva, no qual as organizações conseguem simular cenários e

projetar situações, analisando a probabilidade de ocorrência das mesmas para tomarem decisões mais assertivas. Por fim, temos a etapa de adaptabilidade, na qual a empresa consegue delegar para o sistema certas decisões, para conseguir se adaptar de forma mais ágil.

Além disso, o modelo divide-se em 5 áreas estruturais da organização (desenvolvimento, produção logística, serviços e marketing) para avaliar as habilidades relevantes para a transformação da empresa em I4.0. As capacidades avaliadas são: **(i) recursos**, que podem ser máquinas, ferramentas, materiais ou pessoas. Seu principal objetivo é permitir uma interface entre o mundo físico e digital através de recursos físicos e tangíveis e seus princípios são uma comunicação estruturada e competência digital; **(ii) sistemas de informação**, que compreende a disponibilidade dos dados que fornecem conhecimento e informação. Seus princípios são a integração de sistemas e o processamento de informação; **(iii) estrutura organizacional**, diz respeito à organização corporativa interna, através de seus processos estruturais e operacionais, e à organização corporativa externa, pelo posicionamento na rede de valor. Ela determina regras e metas para garantir os princípios de colaboração dentro e fora do negócio e de organização interna com alto grau de responsabilidade; **(iv) cultura organizacional**, cujos princípios são desejo de mudar e colaboração social. O primeiro refere-se principalmente à capacidade dos funcionários identificarem oportunidades, analisarem e adaptarem comportamentos, e a colaboração social à busca de tomada de decisão com base no conhecimento.

### 2.3.2 Modelo OSCM 4.0

Este modelo de maturidade da indústria 4.0 foi desenvolvido em 2021 especialmente para gerenciamento da cadeia de suprimentos, tendo em vista que há uma falta de trabalho empírico sobre a utilização de modelos de maturidade de I4.0 nessa área com diretrizes claras para a digitalização (Caiado et al., 2021). O modelo foi criado com base na lógica fuzzy e construído em uma abordagem que compreende revisão da literatura, entrevistas, grupos focais e estudo de caso, desde o design do modelo, até a sua avaliação, onde utiliza a simulação de Monte Carlo.

Com relação à medição de maturidade digital, o modelo propõe 5 níveis: **(1) inexistente, (2) conceitual, (3) gerenciado, (4) avançado e (5) auto-otimizado**. Já as dimensões-chave escolhidas pelos autores para avaliar a evolução das cadeias de suprimentos e operações foram: SCM, SCM & POM (comum) e POM (Caiado et al., 2021). Além disso, sete perspectivas foram definidas para avaliação da maturidade, as quais são responsáveis pelo fornecimento de informações de avaliação mais detalhadas e um conjunto de indicadores. Elas são: Cliente, Logística, Fornecedor,

Integração, Produção, Planejamento e Controle (PCP), Qualidade e Manutenção. A Tabela 1 apresenta a lista de dimensões e suas respectivas perspectivas.

<b>Dimensão</b>	<b>Perspectiva</b>	<b>Descrição</b>
<b>SCM</b>	Cliente	Refere-se aos avanços no relacionamento, segmentação e satisfação do cliente, bem como como estratégias de marketing e vendas por meio de diferentes canais (por exemplo, mídia social). Como a organização aumenta sua maturidade, aumenta o nível de interação digital/participação entre os clientes e os produtos/serviços oferecidos. A organização também melhora a precisão e a veracidade em relação ao cumprimento de todos os requisitos do cliente.
	Logística	Refere-se a adiantamentos em entrega, transporte, distribuição, gerenciamento de ativos e estoque. À medida que a maturidade aumenta, os processos tornam-se mais estruturados e padronizados, enquanto os modelos logísticos tornam-se mais autônomos e otimizados.
	Fornecedor	Refere-se a avanços na coordenação da rede de suprimentos, gerenciamento de relacionamento com fornecedor(es) e flexibilidade. Com o aumento da maturidade, há maior cooperação e colaboração entre parceiros, tecnologias e processos, possibilitando maior flexibilidade e descentralização.
<b>SCM &amp; POM</b>	Integração	Refere-se a avanços no nível de integração de processos físicos e computacionais, comunicação entre atores, conexão entre tecnologias e inoperabilidade. Ele identifica como os processos e sistemas evoluem de silos isolados para ecossistemas totalmente conectados que suportam os domínios SCM e POM restantes
<b>POM</b>	PPC	Refere-se aos avanços no planejamento e controle dos sistemas produtivos e da cadeia de valor. A evolução de sistemas mais inteligentes acompanha a adoção de métodos Lean cada vez mais sofisticados, explorando as sinergias entre tecnologias e metodologias.
	Qualidade	Refere-se aos avanços nos sistemas de controle de qualidade, ao desempenho das ferramentas de gestão da qualidade. Descreve uma combinação de evoluções tecnológicas e metodológicas, trabalhando juntas para melhorar a eficiência e precisão.
	Manutenção	Refere-se a avanços em confiabilidade, planos, estratégias e técnicas de reparo e manutenção. O amadurecimento leva a uma automatização cada vez maior dos diagnósticos aliada a máquinas operadas remotamente que gradativamente substituem o ser humano em atividades especializadas e de alto risco.

Tabela 1 - Dimensões e perspectivas de maturidade do OSCM 4.0.

Fonte: Adaptado de Caiado et al., 2021.

De acordo com os autores, o modelo OSCM4.0 foi desenvolvido para preencher algumas lacunas do meio acadêmico. Além de fornecer um modelo com enfoque para cadeia de suprimentos, ele permite que as empresas tirem informações quantitativas com uma análise probabilística, melhorando a precisão na tomada de decisão, contudo, como limitação, temos o fato de o modelo ter sido testado em apenas uma organização de um setor específico (Caiado et al., 2021).

### **2.3.3 Modelo DPMM 4.0**

O modelo Delivery Process Maturity Model (DPMM) foi desenvolvido em 2018 com enfoque em processos de entrega de empresas de manufatura. Asdecker e Felch (2018), os autores, entendiam que, se a expansão da ideia de Indústria 4.0 fosse exclusiva dos processos de produção, que é a área com mais pesquisa a respeito, as capacidades da I4.0 não poderiam ser completamente exploradas e as vantagens competitivas acumuladas não poderiam ser implantadas. A ferramenta elaborada consiste em cinco estágios de maturidade: **(i) digitalização básica, (ii) digitalização entre departamentos, (iii) digitalização horizontal e vertical, (iv) digitalização completa, e (v) digitalização completa otimizada.** Estes estágios podem ser aplicados a três dimensões: processamento de pedidos, armazenamento e remessa, sendo que cada dimensão possui de três a sete elementos.

As características que indicam em qual nível de maturidade a empresa está foram definidas através de entrevistas, onde entendeu-se o estágio de maior maturidade: “Estágio 5 – Digitalização completa otimizada” e conclui-se que o conteúdo das quatro etapas restantes deveria derivar gradualmente por: mais intervenções humanas e menor integração inter e intraorganizacional.

O trabalho auxilia na digitalização da logística externa, que pode se tornar um gargalo crítico no caminho para uma cadeia de suprimentos conectada e inteligente (Asdecker et al., 2018). O DPMM 4.0 permite que uma organização determine o nível atual de maturidade em cada subprocesso de entrega, compare-o com outros sites, unidades de negócios ou empresas, desenvolva uma visão corporativa para a excelência logística de entrega e identifique potenciais medidas de melhoria (Asdecker et al., 2018).

Apesar do processo de desenvolvimento ter sido apoiado por publicações anteriores, as opiniões dos especialistas ainda possuem certo grau de subjetividade. Além disso, foi testado apenas em indústrias alemãs, o que pode dar um viés regional para os resultados.

### **2.3.4 Modelo NEO - UFRGS**

O modelo foi desenvolvido pelo Núcleo de Engenharia Organizacional (NEO), que é um núcleo de pesquisa do Departamento de Engenharia de Produção e Transportes (DEPROT) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, composto por professores e pesquisadores do programa de pós-graduação. A criação de Frank et al. (2022) teve enfoque em avaliação de nível de maturidade de quatro dimensões inteligentes (Smart Manufacturing, Smart Supply Chain, Smart Working e Smart Consumption) em uma empresa do setor de cosméticos e perfumaria.

A ferramenta criada avalia os processos produtivos das empresas. Para isso, utiliza o conceito de desafios de produtividade para compor uma espécie de régua que define quais as características devem estar presentes em cada processo produtivo para ele ser classificado em cada um dos níveis de maturidade digital. Os níveis de maturidade digital utilizados são os 6 estágios do modelo da ACATECH.

Este modelo prevê a inclusão de justificativa para explicação de classificação de nível de cada processo produtivo, além da sugestão de próximos passos para avanço de nível.

### 2.3.5 Análise Comparativa dos Modelos de Avaliação de Maturidade Pesquisados

Entre os principais pontos observados, nota-se que os quatro modelos possuem um alto fator de complementariedade, dado características e propostas individuais, podendo, inclusive, serem aplicados conjuntamente. Cada um possui dimensões, perspectivas, características e níveis de maturidade próprios elaborados para atender seu enfoque.

É fundamental entender que a aplicação dos modelos vai depender do que a organização pensa sobre transformação digital e, principalmente, dos seus propósitos e de seus objetivos estratégicos (Pacchini et al., 2019). Por isso, a metodologia de cada modelo é única e sua empregabilidade deve estar alinhada com as expectativas de uma empresa ao iniciar o processo de transformação.

Abaixo segue tabela comparativa dos modelos estudados.

	<b>ACATECH</b>	<b>OSCM 4.0</b>	<b>DPMM 4.0</b>	<b>NEO</b>
<b>Enfoque</b>	Áreas estruturais da organização	Gerenciamento da cadeia de suprimentos	Logística externa. Processos de entrega de empresas de manufatura	Dimensões Inteligentes (Smarts)
<b>Dimensões</b>	5 (desenvolvimento, produção logística, serviços e marketing)	3 (SCM, SCM & POM e POM)	3 (processamento de pedido, armazenagem e envio)	4 (Smart Manufacturing, Smart Supply Chain, Smart Working e Smart Consumption)

<b>Perspectivas</b>	4 (recursos, sistemas de informação, estrutura organizacional e cultura organizacional)	7 (cliente, logística, fornecedor, integração, PPC, qualidade e manutenção)	15 (cotação, receber e validar pedido, determinar data de entrega, consolidar pedidos, construir cargas, rotear embarques, selecionar transportadora, receber produto da origem, escolher produto, embalar produto, carregar veículo, embalar produto, receber prod. cliente, instalar produto e faturar)	12 (programação da produção, gestão da produção, inspeção da qualidade, manutenção reativa, manutenção planejada, movimentação, armazenagem, suporte a operadores, gestão de operadores, treinamentos, controle de efluentes e gestão de desperdícios)
<b>Níveis de Maturidade</b>	6 (informatização, conectividade, visibilidade, transparência, capacidade preditiva e adaptabilidade)	5 (inexistente, conceitual, gerenciado, avançado e auto otimizado)	5 (digitalização básica, digitalização entre departamentos, digitalização horizontal e vertical, digitalização completa e digitalização completa otimizada)	6 (informatização, conectividade, visibilidade, transparência, capacidade preditiva e adaptabilidade)
<b>Características</b>	Modelo descritivo. Reconhecido mundialmente pelas empresas.	Modelo prescritivo (entregável: plano de ação). Análise quantitativa (utilização de indicadores pela lógica fuzzy).	Modelo descritivo. Compara unidades de negócio ou empresas.	Modelo descritivo e prescritivo. Justifica nível de maturidade e sugere ações para avanço de nível.

Tabela 2 – Comparação entre modelos de avaliação de maturidade digital.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base nos modelos estudados, fica claro que, ao avaliar a maturidade digital de uma empresa, não devem ser consideradas apenas as tecnologias utilizadas para apoiar os processos, isto é, sem processos estruturados e estruturas organizacionais definidas, ela não conseguirá explorar as oportunidades que as tecnologias oferecem.

Além disso, após análise dos modelos existentes na literatura e a dificuldade de encontrar uma ferramenta específica para logística interna em centros de distribuição, optou-se pelo desenvolvimento de um novo modelo. Sendo assim, a ferramenta DistributionCo, que será apresentada na seção 4, foi elaborada com base, principalmente, nos modelos ACATECH e NEO-UFRGS, assim como em entrevistas e em mapeamento de processos logísticos realizado no CDD de estudo e em leitura de artigos sobre tecnologias aplicáveis à logística interna.

### **3. Procedimentos Metodológicos**

#### **3.1 Descrição do Cenário**

A empresa objeto de estudo, BeverageCo, é uma fabricante de bebidas de grande porte, de capital aberto, sediada em São Paulo, mas que opera em todo o Brasil e em outros 15 países das Américas. Ela possui mais de 30 cervejarias, refrigeranterias, fábricas de vidro, rolha e rótulos e, além disso, dispõe mais de 100 centros de distribuição, ou seja, além de produzir seus produtos, é responsável pela distribuição dos mesmos. Seu portfólio é bastante diversificado já que compreende 34 marcas de cerveja, chopps, bebidas mistas, refrigerantes, sucos, energéticos, chás e água. Ademais, somente no Brasil atende cerca de 1 milhão de pontos de venda, o que garante a sua sólida presença em território nacional.

O trabalho foi aplicado no centro de distribuição localizado na cidade de Sapucaia do Sul, no Rio Grande do Sul, sendo esta a sede responsável pelo recebimento, armazenagem e distribuição dos produtos destinados à região metropolitana de Porto Alegre, região litorânea do estado, bem como a grandes redes de supermercado da capital. Na mesma planta, encontram-se uma fábrica de refrigerantes e um centro de distribuição.

A Figura 3, ferramenta SIPOC da metodologia Seis Sigma, representa os principais processos do CDD através de uma visão abrangente do sistema de trabalho, de seus elementos e interconexões.



Figura 3 – Principais processos do centro de distribuição de Sapucaia do Sul.

Fonte: Elaborado pelo autor.



### **3.3.1 Problemática**

O enfoque do trabalho foi a logística interna do armazém, tendo em vista que é uma área bastante defasada tecnologicamente. A contagem dos produtos no armazém, a montagem para carregamento e a conferência são realizados de forma manual por operadores com algum auxílio de sistemas, e isso está impactando consideravelmente a gestão do estoque e, conseqüentemente, as entregas.

A falta de confiabilidade do armazém tem ocasionado diversas perdas. Erros na contagem têm causado problemas de conciliação entre estoque físico e contábil, que geram prejuízos por sumiço dos produtos, bem como por descarte de itens vencidos por falta de controle de idade. Além desses problemas, quando há falta de mercadoria no carregamento e ela é identificada dentro da planta, os motoristas e ajudantes gastam tempo retornando para a área de reposição. Também existem as perdas envolvidas quando é preciso rastrear um produto que não chegou no cliente ou para resolver uma entrega errada. Isso tudo também compromete a geração de informação, que é fonte de análise de diversos setores. A companhia, inclusive, está investindo na contratação de mais conferentes para auxiliarem na contagem com o intuito de amenizar os problemas, o que tem gerado ainda mais custos.

### **3.2 Classificação da Pesquisa**

Esse trabalho é de natureza aplicada, já que possui como característica principal o interesse na aplicação e utilização prática dos conhecimentos, com preocupação voltada à solução imediata de problemas encontrados na realidade da empresa de estudo (GIL, 2008), isto é, visa redução de perdas no centro de distribuição, através da sugestão de adição de tecnologias para aperfeiçoamento de processos e aumento de produtividade embasada por uma ferramenta de avaliação de maturidade digital. Ainda segundo Gil (2002), em termos de objetivos, classifica-se como uma pesquisa descritiva, pois seu objetivo primordial é a descrição das características de determinado fenômeno através do estabelecimento de relações entre as variáveis, ou seja, é aquela que possui como valor a coleta e a organização dos dados que serão descritos no artigo. Além disso, sua abordagem é qualitativa, pois desde a coleta de dados até a interpretação dos resultados e opiniões ocorrem a partir de observações e entrevistas realizadas no ambiente estudado (Gerhardt et al., 2009). Quanto ao tipo de pesquisa ela é classificada como pesquisa-ação, pois será uma pesquisa trabalhada em conjunto com a empresa, com o objetivo de elucidar a maturidade digital da mesma, solucionar problemas e dar suporte na tomada de decisões (Yin, 2012).

### **3.3 Etapas do Trabalho**

Para desdobramento desta pesquisa, cujo objetivo está relacionado ao desenvolvimento e à aplicação de um modelo de avaliação de maturidade digital com enfoque em aplicação em centros de distribuição, foi adotada uma metodologia que se divide em 3 etapas.

Na primeira etapa, realizou-se pesquisa bibliográfica com a finalidade de comparar modelos de avaliação de maturidade digital já existentes para embasar a criação de um novo, através da identificação de oportunidades, estratégias e boas práticas aplicáveis ao contexto de logística interna. Ela trouxe clareza das entregas, além auxiliar na compreensão da parte teórica que fundamenta o trabalho. Assim, foi realizado o levantamento de modelos de maturidade existentes na literatura acadêmica e profissional (consultoras reconhecidas), a fim de identificar elementos úteis para a realidade de centros de distribuição.

Em seguida, na segunda etapa, construiu-se um modelo de maturidade próprio para os principais processos logísticos de CDDs considerando o levantamento efetuado na etapa 1 deste trabalho e o diagnóstico realizado na BeverageCo, no qual foram realizadas entrevistas com os principais colaboradores da área escolhida, desde operadores até gerência, e mapeamento para compreensão dos processos e das necessidades produtivas. Além disso, analisou-se documentação e coletou-se dados in loco.

Na terceira etapa, aplicou-se o modelo desenvolvido, em que os níveis de maturidade foram desdobrados para cada um dos principais processos do setor logístico do armazém da BeverageCo. Para cada grau de maturidade atual foram indicadas razões para justificar o nível de maturidade observado e sinalizadas oportunidades para progressão a etapas mais avançadas de maturidade tecnológica que se alinhassem com os objetivos estratégicos e operacionais da empresa de estudo. Por fim, foram sugeridas melhorias para aumento de nível tecnológico através de plano de ação.

## **4. Resultados e Discussão**

### **4.1 Modelo de Avaliação de Maturidade Digital DistributionCo**

O modelo de avaliação de maturidade digital DistributionCo foi criado devido à ausência de ferramentas focadas em logística interna. Entretanto, a definição das dimensões e perspectivas da ferramenta foi realizada levando vários pontos em consideração: modelos anteriores, pesquisas, entrevistas na empresa de estudo e mapeamento de processos. Tudo isso contribuiu para que fosse possível identificar as principais características de modelos de maturidade, os processos relevantes de um CDD, bem como os desafios de produtividade dos mesmos.

Entendeu-se que centros de distribuição poderiam ser analisados sob 5 dimensões: suprimento, transporte, estoque, distribuição e cultura. A partir disso, perspectivas também foram definidas: recebimento, movimentação de cargas, armazenagem, packing, expedição, gestão da informação, gestão de operadores e mentalidade digital. A maior parte das perspectivas possuem relação com os processos logísticos, bem como com os 8 desperdícios Lean Manufacturing, sendo assim, melhorias tecnológicas poderiam refletir em redução de perdas. Contudo, é importante ressaltar que sentiu-se a necessidade de incluir perspectivas que se relacionassem com pessoas. Martins et al. (2019) afirmam que a cultura é fundamental para a geração de valor em uma transformação digital, mas que a maioria das empresas enfrenta desafios nesta questão. Inclusive, declara que ela é citada por executivos como a barreira “número 1” à entrega de impacto em iniciativas digitais. Sendo assim, compreendeu-se que, para que haja uma evolução de nível tecnológico em qualquer um dos Smarts, é necessário que a empresa entenda em que nível está sua cultura digital, bem como busque evolui-la juntamente com qualquer transformação tecnológica.

Já em relação à definição de níveis de maturidade, optou-se por uma adaptação da escala do estudo desenvolvido pela Acatech (Schuh et al., 2020), tendo em vista que os seis estágios (informatização, conectividade, visibilidade, transparência, capacidade preditiva e adaptabilidade) são adequados ao contexto de CDDs, bem como por trazerem uma visão de maturidade já reconhecida por empresas do mundo inteiro. Porém, por não compreenderem casos de empresas que ainda não possuem tecnologia nos processos, inseriu-se o nível 0 denominada “mecanização”. A Figura 4 demonstra a estrutura do modelo DistributionCo.

Dimensões	Perspectivas	Digitalização			Indústria 4.0			
		Nível 0 (mecanização)	Nível 1 (informatização)	Nível 2 (conectividade)	Nível 3 (visibilidade)	Nível 4 (transparência)	Nível 5 (capac. preditiva)	Nível 6 (adaptabilidade)
<b>Suprimento</b>	Recebimento							
<b>Transporte</b>	Movimentação de Cargas							
<b>Estoque</b>	Armazenagem							
<b>Distribuição</b>	Packing							
	Expedição							
<b>Cultura</b>	Gestão da Informação							
	Gestão de Operadores							
	Mentalidade Digital							

Figura 4 – Estrutura do modelo de avaliação de maturidade DistributionCo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 4.2 Escalas dos Níveis de Maturidade

Para cada perspectiva foi elaborada uma escala que define os requisitos necessários de cada nível de maturidade. Algumas delas foram inspiradas no estudo de Frank, Ayala, Tabim e Dornelles, 2022.

De forma geral, o nível 0 está relacionado com a mecanização, ou seja, as atividades desta etapa são executadas de forma manual - tecnologias de apoio aos processos ainda são ausentes. No nível 1, inicia-se o processo de digitalização: alguns processos possuem tecnologias de apoio, entretanto, precisam ser complementados por ações manuais. No nível 2, há um sistema conectado em rede, mas não há integração completa de TI e TO. O nível 3 é classificado como começo de indústria 4.0, onde há a utilização de sensores para captação de dados em tempo real, assim como, integração completa de TI e TO. O nível 4 compreende processos que permitem interpretação e produção do conhecimento baseados na coleta de dados da etapa anterior. Já quando o sistema possui capacidade preditiva, classificamos como nível 5. Por fim, o mais alto nível compreende processos inteligentes capazes de tomar decisões de forma autônoma.

A seguir é apresentada a régua geral que resume as características principais de cada nível de maturidade.

<b>RÉGUA</b>	
<b>Nível 0 (mecanização)</b>	Ainda não há a utilização de tecnologias na perspectiva.
<b>Nível 1 (informatização)</b>	Tecnologias da informação são implementadas de forma isolada
<b>Nível 2 (automatização)</b>	Há sistema conectado em rede, mas não há integração completa TI e TO.
<b>Nível 3 (visibilidade)</b>	Há a utilização de sensores para captura de dados em tempo real.
<b>Nível 4 (transparência)</b>	Interpretação e produção do conhecimento são baseadas na coleta de dados da etapa anterior.
<b>Nível 5 (capac. preditiva)</b>	Há capacidade preditiva. As organizações conseguem simular cenários e projetar situações, analisando a probabilidade de ocorrência delas para tomada de decisão
<b>Nível 6 (adaptabilidade)</b>	A empresa consegue delegar para o sistema certas decisões.

Tabela 3 – Características gerais de cada nível tecnológico.

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 4.2.1 Escala de Nível de Maturidade por Perspectiva

Para a criação de régua específica para cada perspectiva foram elencados os principais desafios de produtividade enfrentados e entendido quais tecnologias poderiam apoiar as atividades do processo para otimizá-lo. Com isso, determinou-se premissas para classificação em cada um dos níveis de maturidade digital.

No recebimento, foi entendido que os principais desafios são a formação de filas

de caminhões e a geração de ordem de recebimento, bem como a conferência de carga. Sendo assim, foi determinado que no nível mais baixo de maturidade todas as atividades são executadas de forma manual e que, conforme são incluídas tecnologias (principalmente de sensores de recebimento de produtos e de rastreamento de localização em tempo real dos caminhões) é possível avançar de nível de maturidade tecnológica. A escala é demonstrada abaixo.

SUPRIMENTO	
RECEBIMENTO	
<b>Nível 0 (mecanização)</b>	O recebimento é realizado de forma manual e apontado em checklists manuais.
<b>Nível 1 (informatização)</b>	O recebimento é realizado de forma manual e apontado em checklists digitais.
<b>Nível 2 (automatização)</b>	O recebimento é realizado apoiado em tecnologias não integradas e apontado em checklists digitais.
<b>Nível 3 (visibilidade)</b>	O recebimento é realizado de forma automática através de sensores e outras tecnologias integradas e apontado em checklists digitais. Assim que o produto chega, é contabilizado no sistema de estoque. A conferência de avarias ainda é manual.
<b>Nível 4 (transparência)</b>	Há a utilização de sensores para conferência de mercadorias, bem como o uso de tecnologias de Sistemas de Localização em Tempo Real (RTLS) em caminhões. A decisão de ordem de recebimento é de responsabilidade do colaborador que considera previsão de chegada e criticidade de produtos no estoque.
<b>Nível 5 (capac. preditiva)</b>	Há a utilização de sensores para conferência de mercadorias, bem como uso de tecnologias de Sistemas de Localização em Tempo Real (RTLS) nos caminhões. O sistema sugere a ordem de recebimento das cargas cruzando informações de previsão de chegada e criticidade de produtos do estoque, entretanto, o colaborador tem autonomia para decidir.
<b>Nível 6 (adaptabilidade)</b>	Há a utilização de sensores para conferência de mercadorias, bem como uso de tecnologias de Sistemas de Localização em Tempo Real (RTLS) nos caminhões. O próprio sistema determina a ordem de recebimento das cargas cruzando informações de previsão de chegada e criticidade de produtos do estoque.

Tabela 4 – Escala de maturidade para recebimento.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na movimentação de carga, os desafios envolvem os meios de transporte utilizados, bem como a facilidade na localização das cargas. Por isso a escala inicia em uma movimentação mecanizada e sem auxílio de nenhum sistema e evolui conforme há a inclusão de sistemas de informação que sinalizam onde os produtos estão, até chegar no nível 6, no qual tecnologias autônomas realizam a movimentação das mercadorias e são capazes de organizar os materiais conforme previsão de utilização. Na tabela abaixo são apresentados os requisitos de cada nível digital desta perspectiva.

TRANSPORTE	
MOVIMENTAÇÃO DE CARGA	
<b>Nível 0 (mecanização)</b>	A movimentação ocorre de forma manual ou mecanizada sem auxílio de tecnologias de informação.
<b>Nível 1 (informatização)</b>	A movimentação ocorre de forma manual ou mecanizada com auxílio de tecnologias de informação não específicas.
<b>Nível 2 (automatização)</b>	A movimentação de materiais é executada com suporte de um sistema de informação integrado.
<b>Nível 3 (visibilidade)</b>	A movimentação de materiais é monitorada com sensores de localização que abastecem um sistema de informação de apoio.
<b>Nível 4 (transparência)</b>	As decisões relacionadas à movimentação de materiais são realizadas com base nos dados coletados pelos sensores de localização que abastecem um sistema de informação de apoio. Algumas movimentações são manuais, já outras podem ser realizadas por veículos autônomos.
<b>Nível 5 (capac. preditiva)</b>	A movimentação de materiais é monitorada com sensores de localização que abastecem um sistema de apoio. Além disso, é feita totalmente por tecnologias autônomas, como robôs ou drones, integradas com os sistemas de informação de apoio.
<b>Nível 6 (adaptabilidade)</b>	A movimentação de materiais é monitorada com sensores de localização que abastecem um sistema de apoio. Além disso, é feita totalmente por tecnologias autônomas, como robôs ou drones, integradas com os sistemas de informação de apoio que se autoajustam, organizando os materiais que serão consumidos com base na previsão de utilização.

Tabela 5 – Escala de maturidade para movimentação de carga.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na armazenagem os desafios principais são a organização e disposição dos produtos no estoque, que precisam garantir otimização do espaço, como também assegurar que os produtos com data de validade mais curta estejam mais próximos da saída para que o FIFO (First In, First Out) seja respeitado e não ocorram perdas por vencimento. Os primeiros níveis da régua elaborada necessitam de ação de funcionários da empresa, com nenhum ou pouco auxílio de tecnologias de apoio. Entretanto, conforme são incluídos sensores, sistemas de informação e, até, tecnologias autônomas capazes de prever e tomar decisões, é possível aproximar-se do nível digital máximo.

ESTOQUE	
ARMAZENAGEM	
<b>Nível 0 (mecanização)</b>	A armazenagem é mecanizada, precisando de ações manuais dos operadores.
<b>Nível 1 (informatização)</b>	A armazenagem ocorre de forma manual ou mecanizada, com auxílio de tecnologias de informação não específicas.
<b>Nível 2 (automatização)</b>	A armazenagem é executada com suporte de um sistema de informação de apoio.

<b>Nível 3 (visibilidade)</b>	A armazenagem é monitorada com sensores de localização que abastecem um sistema de informação de apoio.
<b>Nível 4 (transparência)</b>	A armazenagem é monitorada com sensores de localização que abastecem um sistema de informação de apoio que fornece dados suficientes para análise e tomada de decisão.
<b>Nível 5 (capac. preditiva)</b>	A armazenagem é monitorada com sensores de localização e realizada através de um sistema que gerencia a movimentação através de tecnologias autônomas integradas com os sistemas de informação de apoio com dados históricos. O sistema sugere a organização do armazém, mas a decisão é do colaborador.
<b>Nível 6 (adaptabilidade)</b>	A armazenagem é monitorada com sensores de localização e realizada através de um sistema que gerencia a movimentação através de tecnologias autônomas. A organização do armazém é dinâmica e autônoma com base na previsão de utilização dos próximos dias.

Tabela 6 – Escala de maturidade para armazenagem.

Fonte: Elaborado pelo autor.

No packing, as maiores adversidades encontram-se no momento da montagem de um palete e na conferência do palete montado, que precisam garantir a qualidade dos produtos no momento da entrega ao cliente final, assim como a segurança dos colaboradores que irão descarregá-los. No nível zero dessa perspectiva as atividades são todas manuais, mas é possível avançar aos níveis seguintes com a utilização de sensores e sistemas de apoio, conforme tabela.

<b>DISTRIBUIÇÃO</b>	
<b>PACKING</b>	
<b>Nível 0 (mecanização)</b>	O packing é realizado de forma manual e as decisões de ordem de montagem são tomadas pelo trabalhador. A inspeção da qualidade da montagem do palete é feita de forma manual.
<b>Nível 1 (informatização)</b>	O packing é realizado de forma manual, mas com auxílio de um sistema que sugere ordem de montagem. A inspeção da qualidade da montagem do palete é feita de forma manual.
<b>Nível 2 (automatização)</b>	O packing é realizado de forma manual, mas com auxílio de um sistema que sugere ordem de montagem. A inspeção da qualidade da montagem do palete é feita de forma manual, mas inserida em sistema de apoio para geração de dados.
<b>Nível 3 (visibilidade)</b>	O packing é realizado de forma manual e com auxílio de um sistema que sugere ordem de montagem. A inspeção da qualidade da montagem do palete é feita de forma automática através de sensores e tecnologias afins.
<b>Nível 4 (transparência)</b>	O packing é realizado de forma manual e com auxílio de um sistema que sugere ordem de montagem. A inspeção da qualidade da montagem do palete é feita de forma automática através de sensores e tecnologias afins. O sistema é capaz de apontar a causa raiz do problema de montagem.
<b>Nível 5 (capac. preditiva)</b>	O packing é realizado de forma automática por robôs guiados por um sistema que sugere ordem de montagem. A inspeção da qualidade da montagem do palete é feita de forma automática através de sensores e tecnologias afins. O sistema é capaz de apontar a causa raiz do problema de montagem.

<b>Nível 6 (adaptabilidade)</b>	O packing é realizado de forma automática por robôs guiados por um sistema que sugere ordem de montagem. A inspeção da qualidade da montagem do palete é feita de forma automática através de sensores e tecnologias afins. O sistema é capaz de apontar a causa raiz do problema de montagem e o equipamento de se autoajustar para não cometer o erro novamente.
---------------------------------	--

Tabela 7 – Escala de maturidade para packing.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na expedição, o foco é a melhoria da atividade de carregamento e da conferência. Perde-se muito tempo nesses processos que são passíveis de muitas falhas e retrabalho. Um caminhão que sai do centro de distribuição sem todos os produtos ou com produtos invertidos, gera insatisfação do cliente e gera gastos para correção do problema já que, nesses casos, é necessário realizar a mesma entrega em outro dia. Sendo assim, foi entendido que no nível mais básico todas as atividades são mecanizadas e necessitam de ações manuais de operadores, e que para chegar aos maiores níveis de digitalização é necessário que os processos envolvidos sejam automatizados (ou até autônomos) e que os sistemas consigam gerar dados suficientes para evitar erros futuros.

<b>DISTRIBUIÇÃO</b>	
<b>EXPEDIÇÃO</b>	
<b>Nível 0 (mecanização)</b>	O carregamento é mecanizado, precisando de ações manuais dos operadores. A conferência também é manual.
<b>Nível 1 (informatização)</b>	O carregamento é mecanizado, precisando de ações manuais dos operadores. A conferência também é manual. Ambos possuem apoio de tecnologias de informação.
<b>Nível 2 (automatização)</b>	O carregamento é mecanizado, precisando de ações manuais dos operadores. A conferência é realizada através de sistema de bipagem. Ambos possuem auxílio de tecnologias de informação integradas.
<b>Nível 3 (visibilidade)</b>	O carregamento é mecanizado, precisando de ações manuais dos operadores. A conferência é realizada de forma automatizada através de sensores. Ambos possuem auxílio de tecnologias de informação integradas.
<b>Nível 4 (transparência)</b>	O carregamento e a conferência são automatizados. Ambos possuem auxílio de tecnologias de informação integradas que geram informações suficientes para análise de dados.
<b>Nível 5 (capac. preditiva)</b>	O carregamento e a conferência são automatizados. O sistema consegue prever e identificar problemas e sinaliza aos operadores para que eles tomem as decisões.
<b>Nível 6 (adaptabilidade)</b>	O carregamento e a conferência são autônomos. O sistema consegue se autoajustar para reduzir a ocorrência de erros.

Tabela 8 – Escala de maturidade para expedição.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao entrar na análise de pessoas, primeiramente na gestão da informação, foi



definido que nos menores níveis a informação não há suporte de tecnologias muito elaboradas e é mais difícil que haja uma decisão baseada em dados. Entretanto, conforme são incluídos sistemas de geração de dados, principalmente captados em tempo real, é possível avançar de nível tecnológico e, com isso, otimizar o trabalho dos operadores e tornar as decisões mais assertivas. No nível máximo dessa perspectiva o trabalhador possui suporte de tecnologias smart working e consegue atuar em tempo real com as suas demandas.

CULTURA	
GESTÃO DE INFORMAÇÃO	
<b>Nível 0 (mecanização)</b>	O trabalhador não possui suporte de tecnologias e as informações são compartilhadas de forma escrita.
<b>Nível 1 (informatização)</b>	O trabalhador é suportado por sistemas gerenciais abastecidos por alguns dados que residem em vários sistemas que não são integrados.
<b>Nível 2 (automatização)</b>	O trabalhador possui suporte de um sistema integrado para controlar a produção e outras atividades relacionadas para melhorar a produtividade.
<b>Nível 3 (visibilidade)</b>	O trabalhador é suportado por sistemas integrados que captam as informações por sensores em tempo real.
<b>Nível 4 (transparência)</b>	O trabalhador é capaz de interpretar e produzir conhecimento baseado na coleta de dados do nível anterior.
<b>Nível 5 (capac. preditiva)</b>	O trabalhador possui suporte de um sistema integrado e de tecnologias smart working para melhorar a tomada de decisão e as condições de trabalho.
<b>Nível 6 (adaptabilidade)</b>	O trabalhador possui suporte de um sistema integrado e de tecnologias smart working que atuam em colaboração em tempo real com às demandas da produção.

Tabela 9 – Escala de maturidade para gestão de informação.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na gestão de operadores foi entendido que nos menores níveis não há uma grande preocupação com o monitoramento de produtividade, saúde e segurança dos trabalhadores, mas que, conforme há a inclusão de tecnologias para auxiliar esse monitoramento é possível ir avançando até o nível máximo.

CULTURA	
GESTÃO DE OPERADORES	
<b>Nível 0 (mecanização)</b>	A gestão dos operadores é realizada de forma manual, sem sistemas para medição da produtividade, saúde e segurança.
<b>Nível 1 (informatização)</b>	A gestão dos operadores é apoiada por meio de tecnologias de check in e check out sem monitoramento.
<b>Nível 2 (automatização)</b>	A gestão dos operadores é apoiada por meio de tecnologias de check in e check out com monitoramento manual.
<b>Nível 3 (visibilidade)</b>	A gestão dos operadores é apoiada pelo monitoramento da localização dos trabalhadores por meio de sensores.

<b>Nível 4 (transparência)</b>	A gestão dos operadores é apoiada por interpretação e conhecimento baseados na coleta de dados dos sensores.
<b>Nível 5 (capac. preditiva)</b>	A gestão dos operadores é apoiada por monitoramento e previsões baseada em históricos de dados.
<b>Nível 6 (adaptabilidade)</b>	O sistema sugere ações para a gestão dos operadores de forma inteligente para tomada de decisão sobre produtividade, saúde e segurança.

Tabela 10 – Escala de maturidade para gestão de operadores.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Por fim, ao analisar a mentalidade digital da empresa, foi entendido que as empresas partem de uma cultura de produção sem incentivos à cultura digital, mas que há um avanço de nível conforme são incluídas tecnologias de apoio às atividades, bem como quando há comunicação clara e disseminação de importância de transformação digital aos colaboradores. No nível máximo, há o entendimento por parte de todos os níveis da organização de que soluções digitais são o caminho padrão e há o estímulo à inovação, tomada de riscos e de comportamento aberto à experimentação de novas ideias.

<b>CULTURA</b>	
<b>MENTALIDADE DIGITAL</b>	
<b>Nível 0 (mecanização)</b>	O enfoque é na produção e ainda não há ações para incentivar a cultura digital.
<b>Nível 1 (informatização)</b>	Há transformação apenas na infraestrutura física e administrativa, mas ainda não há a preocupação com treinamentos e desenvolvimento dos colaboradores.
<b>Nível 2 (automatização)</b>	Há a comunicação com frequência do propósito da transformação digital, utilizando meios tecnológicos e tradicionais. Existem algumas capacitações e treinamentos.
<b>Nível 3 (visibilidade)</b>	Há adoção de uma mentalidade em que as soluções digitais são consideradas o caminho padrão a seguir na resolução de problemas ou de oportunidades e existem treinamentos e capacitação de colaboradores.
<b>Nível 4 (transparência)</b>	Estimula o uso de dados para análises e tomada de decisões mais assertivas dos colaboradores.
<b>Nível 5 (capac. preditiva)</b>	Cria-se um ambiente que estimule a inovação, tomada de riscos, o pensamento disruptivo, e um comportamento aberto à experimentação de novas ideias.
<b>Nível 6 (adaptabilidade)</b>	Digital First Mindset: Adota-se uma mentalidade em que as soluções digitais são consideradas o caminho padrão a seguir na resolução de problemas ou de oportunidades.

Tabela 11 – Escala de maturidade para mentalidade digital.

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 4.3 Avaliação de Maturidade Digital na BeverageCo

A avaliação de maturidade digital no centro de distribuição da BeverageCo foi realizada através de dados coletados na empresa e de entrevistas com diferentes

colaboradores do armazém, com o intuito de identificar o máximo de particularidades do processo, bem como entregar um diagnóstico que estivesse alinhado com a realidade das equipes envolvidas.

Foi desenvolvido um mapeamento de processos para entendimento de todo o fluxo de atividades, vide anexos I (processo de recebimento), II (processo de armazenagem), III (processo de packing), IV (processo de expedição), V (processo de retorno de rota) e VI (visão geral). Após, foram entendidas as formas de realização de cada atividade. Além disso, foi identificado como a informação chega em cada uma delas e se existe alguma tecnologia era utilizada na sua execução.

Seguindo a estrutura apresentada na seção “Modelo de Avaliação de Maturidade Digital DistributionCo”, cada uma das perspectivas foi analisada conforme régua desenvolvida para definição de nível. Primeiramente, foi definido o nível de maturidade digital que a empresa se encontra em cada uma das perspectivas. Em seguida, foi justificado o motivo de ser classificada em seu suposto nível. Após, sinalizou-se o que falta para as perspectivas avançarem na escala de maturidade e quais tecnologias poderiam ajudar nesse processo, e, por fim, foram descritos os benefícios que a empresa poderia obter avançando de nível. A Figura 5 apresenta o resumo dos passos percorridos no processo de avaliação.

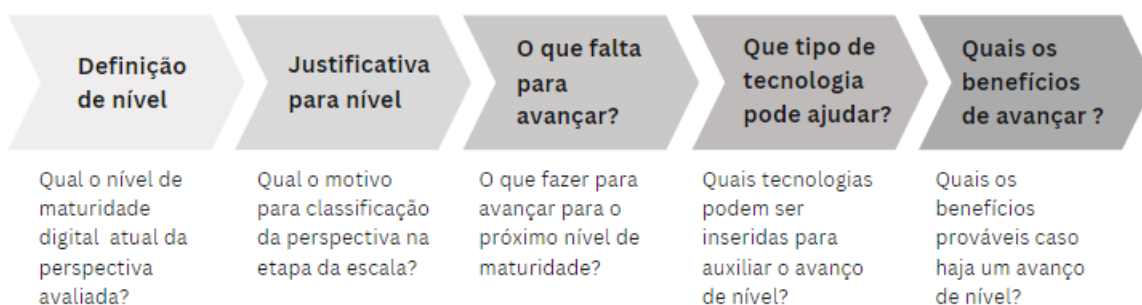


Figura 5 – Processo de avaliação de maturidade digital das perspectivas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.3.1 Discussão

Nesta seção são apresentadas as discussões de cada perspectiva em estudo. Na Tabela 12, são revelados os níveis de cada perspectiva e, na sequência, as suas justificativas.

Dimensões	Perspectivas	Nível	Descrição
Suprimento	Recebimento	1	O recebimento é realizado de forma manual e apontado em checklists digitais.
Transporte	Movimentação de Cargas	1	A movimentação ocorre de forma manual ou mecanizada com auxílio de tecnologias de informação não específicas.
Estoque	Armazenagem	2	A armazenagem é executada com suporte de um sistema de informação de apoio.
Distribuição	Packing	1	O packing é realizado de forma manual, mas com auxílio de um sistema que sugere ordem de montagem. A inspeção da qualidade da montagem do palete é feita de forma manual.
	Expedição	1	O carregamento é mecanizado, precisando de ações manuais dos operadores. A conferência também é manual. Ambos possuem apoio de tecnologias de informação.
Cultura	Gestão da Informação	2	O trabalhador possui suporte de um sistema integrado para controlar a produção e outras atividades relacionadas para melhorar a produtividade.
	Gestão de Operadores	1	A gestão dos operadores é apoiada por meio de tecnologias de check in e check out sem monitoramento.
	Mentalidade Digital	1	Há transformação apenas na infraestrutura física e administrativa, mas ainda não há a preocupação com treinamentos e desenvolvimento dos colaboradores.

Tabela 12 – Classificação de maturidade digital das perspectivas da BeverageCo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Recebimento:** As principais atividades que compreendem o processo de recebimento são verificação de agendamento de entrega, identificação de carga, conferência de notas, conferência de carga (verificação se há existência de avarias) e cadastro no sistema de gestão do estoque. Atualmente, alguns sistemas de apoio são utilizados para gestão de estoque como SAP HANA e WMS, entretanto, no recebimento, tanto a conferência de carga, quanto o *input* no sistema são realizados de forma manual por operadores. O módulo de recebimento do WMS ainda não funciona, o que dificulta a captação de dados e, inclusive, atrasa a entrada de notas e a atualização contábil dos produtos que chegam. Apesar de as notas serem emitidas na fábrica de origem e de se ter o produto fisicamente no estoque, às vezes demora dias para os itens serem contabilizados no sistema. Sendo assim, o processo foi classificado como **nível 1**, no qual **há um sistema de checklist de recebimento**, mas a **inclusão da informação** é feita de forma **manual**.

**Movimentação de cargas:** As atividades de movimentar cargas envolvem a localização de mercadorias, a seleção de produtos que vão para montagem, bem como a localização de espaços vagos para arranjo dos produtos no estoque. Na empresa de

estudo, a movimentação das mercadorias ocorre com a utilização de empilhadeiras com apoio em consultas em sistema WMS ou planilhas de gestão de estoque no excel, que indicam localização e destino de produtos. A decisão de qual produto pegar dentre os mesmos SKUs do estoque ainda é do colaborador, que é instruído a seguir a regra do FIFO (First In, First Out), mas que pode falhar. Por isso, o **nível** atribuído foi **1**, definido por uma **movimentação** que ocorre de forma **manual** ou **mecanizada com auxílio de tecnologias** de informação.

**Armazenagem:** A armazenagem compreende tudo o que envolve gestão de estoques – gestão de pedidos de produtos e ativos de giro, disposição das mercadorias na planta, gestão de idade, garantia de manutenção da qualidade, conciliação e inventário de estoque. Os principais sistemas utilizados na armazenagem da BeverageCo são SAP HANA e WMS, ambos integrados. Eles auxiliam na emissão de relatórios gerenciais, na orientação de localização dos produtos e na listagem de itens para realização de inventário. Porém, a contagem e conciliação são feitas de forma manual e colocadas no sistema por um operador. Assim, ela é classificada na **etapa 2** da escala, já que a **armazenagem é executada com suporte de um sistema de informação** de apoio, mas que ainda **não há sensores** que captam os dados.

**Packing:** Basicamente, a atividade do packing é embalar os produtos para que cheguem com qualidade e segurança no cliente. O WMS sugere ordem de montagem dos paletes de acordo com a característica de cada produto que deve ir em cada caminhão, bem como determina ordem dos caminhões a serem carregados, entretanto, os colaboradores podem decidir se seguirão a sugestão. Além disso, a inspeção do palete pós montagem é feita de forma manual. Por isso, foi classificada como **nível 1**, que é caracterizado por **realização de embalagem de forma manual**, mas com **auxílio de um sistema que sugere ordem de montagem**, além de a **inspeção da qualidade da montagem** do palete ser feita de forma **manual**.

**Expedição:** As principais atividades que compreendem a expedição são o carregamento do caminhão, a conferência da carga e a liberação do veículo. O carregamento é feito com empilhadeiras e a ordem de carregamento é a definida pelo WMS. A conferência é executada de forma visual e a informação inserida em checklist digital. A empresa está no **nível 1** nesta perspectiva, já que as **atividades são executadas de forma manuais com apoio de tecnologia**.

**Gestão da Informação:** A companhia já investe em 3 principais sistemas integrados para realização da gestão da informação: Promax, SAP e WMS. Entretanto, muitos dados são coletados manualmente, sendo assim, passíveis de erros e que dificultam algumas análises. Por isso, entende-se que nesta perspectiva ela encontra-se no **nível 2**, pois o trabalhador possui **suporte de um sistema integrado** para

controlar a produção e outras atividades relacionadas para melhorar a produtividade, mas os **dados ainda não são captados por sensores em tempo real**.

**Gestão de Operadores:** A empresa ainda não se preocupa em gerir seus operadores de forma inteligente através de medição de produtividade, saúde e segurança por tecnologias. Único sistema que ela utiliza é de **check in e check out sem monitoramento**, sendo assim, foi classificada no **nível 1**.

**Mentalidade Digital:** Sobre a mentalidade digital, os trabalhadores ainda não conseguem visualizar os benefícios da digitalização de suas atividades. Ainda acreditam que o custo-benefício não compensa e possuem um certo medo de serem substituídos por tecnologias. No momento, até **há alguma transformação na infraestrutura física e administrativa** da empresa, mas **não existe a preocupação com treinamentos e desenvolvimento dos colaboradores** neste tema, sendo assim, a empresa está no **nível 1**.

O **índice geral de maturidade digital** encontrado foi **1,25**. Ele foi calculado a partir de uma média dos resultados de nível tecnológico de cada uma das perspectivas. Sendo assim, o **centro de distribuição** encontra-se ainda na **fase de informatização**.

#### 4.3.2 Plano de Ação

Após classificação e justificativas de nível de cada perspectiva da empresa de estudo, montou-se um plano de ação com sugestões de melhorias para avanço de nível de maturidade digital. Nele foi sinalizado o que falta para evoluir para o nível de maturidade seguinte, quais tecnologias podem ser implementadas e quais os benefícios pode-se obter. Segue abaixo o plano de ação elaborado.

Dimensões	Perspectivas	Nível	O que falta pra avançar	Exemplo de Tecnologia	Benefícios esperados
Suprimento	Recebimento	1	Realizar o recebimento com apoio em algumas tecnologias integradas.	<u>Conferência de carga e input no sistema:</u> inclusão de balanças, bipagem, QR Code. <u>Cadastro no sistema:</u> Incluir módulo de recebimento no WMS.	Ganho de produtividade, redução de inconsistências e maior confiabilidade na informação inserida.
Transporte	Movimentação de Cargas	1	Realizar a movimentação de materiais com suporte de um sistema de informação integrado.	Integrar tecnologias como código de barras, QR Code ou RFID ao WMS para controlar espaços vagos nas dependências do estoque, identificar a localização de cada item solicitado, assim como selecionar equipamentos de transporte.	Ganho de agilidade, redução de custos de combustível de equipamentos e aumento da segurança dos colaboradores.

Estoque	Armazenagem	2	Inserir sensores de localização para abastecimento do sistema de informação de armazenagem.	Inserção de sensores como RFID para melhorar o monitoramento em tempo real dos produtos do estoque, reduzindo falhas de contagem e perda de produtos pela planta por dificuldade na localização.	Redução de perdas por itens perdidos ou por controle ineficiente de idade, melhorar a conciliação de estoques, redução de custos de QLP ou possibilidade de redirecionar pessoas para atividades que agreguem mais valor.
Distribuição	Packing	1	Adicionar as informações observadas na inspeção da qualidade da montagem no sistema para geração de dados e criação de histórico.	Checklists digitais.	Reduzir erros de montagem, aumentar a segurança, melhorar a garantia da qualidade do produto entregue ao cliente.
	Expedição	1	Realizar a conferência com o apoio de sistema de bipagem ou sensores.	Utilização de código de barras, QR Code ou RFID para facilitar a conferência.	Melhorar a acuracidade da informação da carga que sai do estoque, redução de erros de carregamento, redução de chances de desvio de mercadoria.
Cultura	Gestão da Informação	2	Obter sistemas integrados que captam as informações por sensores em tempo real.	Inserção de sensores como RFID para melhorar a acurácia da coleta de dados na companhia.	Aumento da confiabilidade da informação, redução de perdas por falhas na coleta de dados, melhora da disponibilidade de produto e da entrega ao consumidor e possibilita a tomada de decisão mais assertiva.
	Gestão de Operadores	1	Realizar o monitoramento manual dos operadores para tentar garantir a saúde e segurança deles.	Rondas no armazém e instalação de câmeras.	Melhorar a tomada de decisão sobre produtividade, saúde e segurança dos colaboradores.
	Mentalidade Digital	1	Há a comunicação com frequência do propósito da transformação digital, utilizando meios tecnológicos e tradicionais. Existem algumas capacitações e treinamentos.	Treinamentos, comunicações internas, capacitações, eventos (presenciais e em plataformas digitais).	Capacitar e reter talentos com mentalidade mais digital. Aumentar a adesão dos colaboradores quando houver investimentos em novas tecnologias. Redução do "boicote".

Tabela 13 – Plano de ação para avanço de nível.

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 5. Conclusões

Este estudo propõe um novo modelo, DistributionCo, para avaliar a maturidade de I4.0 em centros de distribuição, focando em logística interna, que é uma área ainda pouco explorada por modelos anteriores. Ele busca trazer as boas práticas de outras ferramentas, como os modelos ACATECH e NEO – UFRGS, adaptadas para os desafios de produtividade enfrentados nessa parte específica da cadeia de suprimentos.

De uma perspectiva prática, este trabalho buscou apresentar uma ferramenta de diagnóstico robusta e prática com o intuito de auxiliar as empresas em seu processo de digitalização na dimensão Smart Supply Chain, fornecendo informações sobre seu

status atual, bem como insights por meio de orientações para ajudar na construção do roadmap de transformação digital.

O trabalho também destaca a importância da criação de uma cultura de mentalidades digital, tendo em vista que as pessoas são peças-chave do negócio e que influenciam diretamente o sucesso ou não de qualquer tipo de mudança. Por isso, além de executar iniciativas digitais, é necessário que as empresas analisem se possuem líderes com conhecimento tecnológico e envolvidos na mudança, uma comunicação clara e frequente sobre o propósito da transformação digital, bem como ferramentas de capacitação para desenvolver talentos e habilidades que fomentam a autonomia e o aprendizado contínuo dos colaboradores.

A empresa BeverageCo, apesar de seu porte e relevância no mercado, ainda está na fase de informatização em seu centro de distribuição, possuindo significativas oportunidades de melhoria com investimentos, até mesmo pontuais, em tecnologias. A inclusão de sensores, por exemplo, poderia resolver desafios de diversas perspectivas e permitir, inclusive, avanço de dois níveis na escala.

Como qualquer estudo, este artigo apresenta algumas limitações, que podem ser utilizadas como base para novas pesquisas. A avaliação foi realizada em apenas uma empresa. Seria interessante a aplicação do modelo em negócios de diferentes ramos e variados portes para analisar se existem discrepâncias significativas quanto à análise de maturidade em diferentes contextos. Também poderia ser incluído algum tipo de análise quantitativa para diminuir a subjetividade e a imprecisão que pode surgir pelo julgamento humano na atribuição de níveis.



## Referências:

- 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*, ISSN: 1746-5664. <https://doi.org/10.1108/JM2-03-2018-0042>
- Büyükoçkan, G., Göçer, F. (2018). Digital Supply Chain: Literature review and a proposed framework for future research. *Computers in Industry*, Vol 97, 157-177, ISSN 0166-3615, <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.02.010>
- Caiado, R., Scavarda, L., Gavião, L., Ivson, P., Nascimento, D., Garza-Reyes, J., (2021). A fuzzy rule-based industry 4.0 maturity model for operations and supply chain management. *International Journal of Production Economics*, Vol 231, 107883, ISSN 0925-5273, <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107883>
- Carolis, A. D., Macchi, M., Negri, E., & Terzi, S. (2017). A maturity model for assessing the digital readiness of manufacturing companies. In *IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems*, pp. 13-20. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-66923-6\\_2](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-66923-6_2)
- Culot, G., Nassimbeni, G., Orzes, G., Sartor, M. (2020). Behind the definition of Industry 4.0: Analysis and open questions. *International Journal of Production Economics*, 226, 107617. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107617>
- 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>
- Frank, A. G., Ayala, N. F., Tabim, V. M., Dornelles, J. A. (2022). Relatório técnico de avaliação da maturidade de Indústria 4.0 de uma empresa brasileira do setor de cosméticos. Núcleo de Engenharia Organizacional (NEO/UFRGS).
- Frank, A. G., Dalenogare, L. S., & Ayala, N. F. (2019). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Economics*, 210, 15–26. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.01.004>
- Frederico, G.F., Garza-Reyes, J.A., Anosike, A. and Kumar, V. (2020), "Supply Chain 4.0: concepts, maturity and research agenda", *Supply Chain Management*, Vol. 25 No. 2, 262-282. <https://doi.org/10.1108/SCM-09-2018-0339>
- Gerhardt, T., Silveira, D. (2009). *Métodos de Pesquisa*. Editora da UFRGS.
- Ghadge, A., Kara, M. E., Moradlou, H., & Goswami, M. (2020). The impact of Industry 4.0 implementation on supply chains. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31, 669-686. <http://dx.doi.org/10.1108/JMTM-10-2019-0368>
- Ghobakhloo, M., & Fathi, M. (2019). Corporate survival in Industry 4.0 era: the enabling role of lean-digitized manufacturing. *Journal of Manufacturing Technology Management*. <http://dx.doi.org/10.1108/JMTM-11-2018-0417>
- GIL, Antônio Carlos. *Como classificar as pesquisas. Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. - São Paulo: Atlas, 2002. ISBN 85-224-3169-8
- GIL, Antonio Carlos. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. ISBN 978-85-224-5142-5
- Gunasekaran, A., Patel, C., & McGaughey, R. (2004). A framework for supply chain performance measurement. *International Journal of Production Economics*, Vol 87, Issue 3, 333-347, ISSN 0925-5273. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2003.08.003>

Lasi, H., Fettke, P., Kemper, HG. Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Bus Inf Syst Eng* 6, 239–242. <https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>

Lu, Hsi-Peng & Weng, Chien-I (2018). Smart manufacturing technology, market maturity analysis and technology roadmap in the computer and electronic product manufacturing industry. *Technological Forecasting and Social Change*, Elsevier, 133(C), pages 85-94. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.03.005>

Martins, H., Dias, Y., Castilho, P., & Leite, D. (2019). Transformações digitais no Brasil: insights sobre o nível de maturidade digital das empresas no país. McKinsey & Company.

Mason-Jones, R. and Towill, D.R. (1997). Information enrichment: designing the supply chain for competitive advantage. *Supply Chain Management*, Vol. 2 No. 4, pp. 137-148. <https://doi.org/10.1108/13598549710191304>

Meindl, B., Ayala, N. F., Mendonça, J., & Frank, A. G. (2021). The four smarts of Industry 4.0: Evolution of ten years of research and future perspectives. *Technological Forecasting and Social Change*, 168, 120784. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120784>

Pacchini, A. P. T., Lucato, W. C., Facchini, F., & Mummolo, G. (2019). The degree of readiness for the implementation of Industry 4.0. *Computers in Industry*, 113, 103125. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.103125>

Pereira, A.C., & Romero, F. A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept (2017). Volume 13, 1206-1214, ISSN 2351-9789. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.032>.

Sartori, A., Oliveira, R., Siqueira, R. N., Botelho, M. P., & Vieira, A. N. (2021). Mapping and modeling processes of a distribution center using Lean philosophy. *Brazilian Journal of Development*, 348, 2525-8761. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n1-026>

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.* (Acatech Study) Herbert Utz Verlag, (Munich). Disponível em: <<https://en.acatech.de/publication/industrie-4-0-maturity-index-update-2020/>>

Schuh, G., Anderl, R., Gausemeier, J., ten Hompel, M., & Wahlster, W (2017). *Industrie 4.0 Maturity Index. Managing the Digital Transformation of Companies* (Acatech Study), Munich: Herbert Utz Verlag. Disponível em: <<https://en.acatech.de/publication/industrie-4-0-maturity-index-managing-the-digital-transformation-of-companies/>>

Schumacher, A., Nemeth, T., & Sihn, W. (2019). Roadmapping towards industrial digitalization based on an Industry 4.0 maturity model for manufacturing enterprises. *Procedia Cirp*, 79, 409- 414. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.02.110>

Sony, M., & Naik, S. (2020). Critical factors for the successful implementation of Industry 4.0: a review and future research direction. *Production Planning & Control*, 31 (10), 799–815. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1691278>

Strandhagen, J., Vallandingham, L., Fragapane, G. (2017). Logistics 4.0 and emerging sustainable business models. *Adv. Manuf.* 5, 359–369. <https://doi.org/10.1007/s40436-017-0198-1>

Tang, S., Veelenturf, L., (2019). The strategic role of logistics in the industry 4.0 era. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol 129, 1-11, ISSN 1366-5545. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2019.06.004>

Tecnologia dita tendências mundiais no setor logístico. *Jornal do Comércio*, Porto Alegre, 26 de Dezembro de 2022, às 16:55. *JC Logística*. Disponível em: <<https://www.jornaldocomercio.com/cadernos/jc-logistica/2022/12/878274-tecnologia-dita-tendencias-mundiais-no-setor-logistico.html>>.

Tessarini, G., & Saltorato, P. (2018). Impactos da indústria 4.0 na organização do trabalho: uma revisão sistemática da literatura. *Revista Produção Online*, 18(2), 743–769. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v18i2.2967>

Vivares, J.A., Sarache, W., & Hurtado, J.E. (2018). A maturity assessment model for manufacturing systems. *Journal of Manufacturing Technology Management*. Vol. 29 No. 5, pp. 746-767. <https://doi.org/10.1108/JMTM-07-2017-0142>

Yavas, V., & Ozkan-Ozen, Y. (2020). Logistics centers in the new industrial era: A proposed framework for logistics center 4.0. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Elsevier, vol. 135(C). <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.101864>

Yin, R. K. (2012). Case study methods. *APA Handbook of Research Methods in Psychology, Vol 2: Research Designs: Quantitative, Qualitative, Neuropsychological, and Biological.*, 2, 141–155. <https://doi.org/10.1037/13620-009>

Yin, Robert K. *Estudo de caso: planejamento e métodos / Robert K. Yin*. Tradução: Cristhian Matheus Herrera. - 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. ISBN 978-85-8260-231-7

Yusuf, Y.Y., Gunasekaran, A., Adeleye, E.O., Sivayoganathan, K. (2004). Agile supply chain capabilities: Determinants of competitive objectives. *European Journal of Operational Research*, Vol 159, Issue 2, 379-392, ISSN 0377-2217. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2003.08.022>

Zeller, V., Hocken, C., Stich, V. (2018). Acatech Industrie 4.0 Maturity Index – A Multidimensional Maturity Model. In: Moon, I., Lee, G., Park, J., Kiritsis, D., von Cieminski, G. (eds) *Advances in Production Management Systems. Smart Manufacturing for Industry 4.0. APMS (2018). IFIP Advances in Information and Communication Technology*, vol 536. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-99707-0\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-319-99707-0_14)

Zhang, G., Yang, Y. & Yang, G. (2022). Smart supply chain management in Industry 4.0: the review, research agenda and strategies in North America. *Ann Oper Res*. <https://doi.org/10.1007/s10479-022-04689-1>

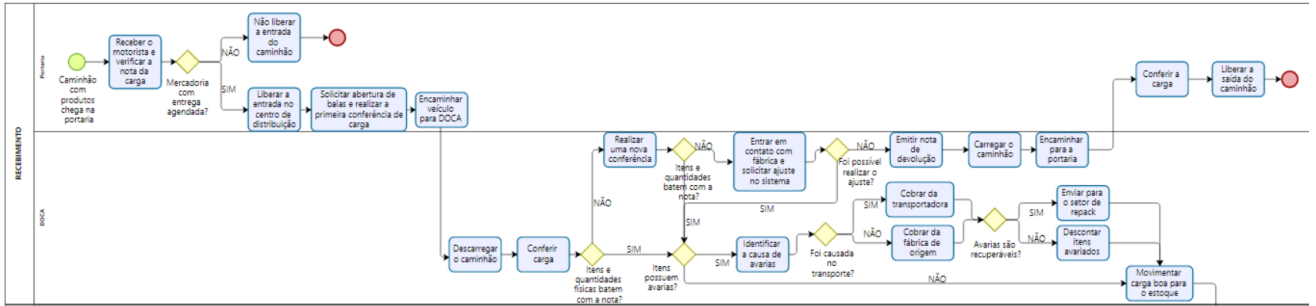
Zhou, K., Liu, T., & Zhou, L. (2015). Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), Zhangjiajie, China, 2015, pp. 2147-2152, doi: 10.1109/FSKD.2015.7382284

Akdil, K.Y., Ustundag, A., & Cevikcan, E. (2018). Maturity and Readiness Model for Industry 4.0 Strategy. In: *Industry 4.0: Managing The Digital Transformation*. Springer Series in Advanced Manufacturing. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-57870-5\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-57870-5_4)

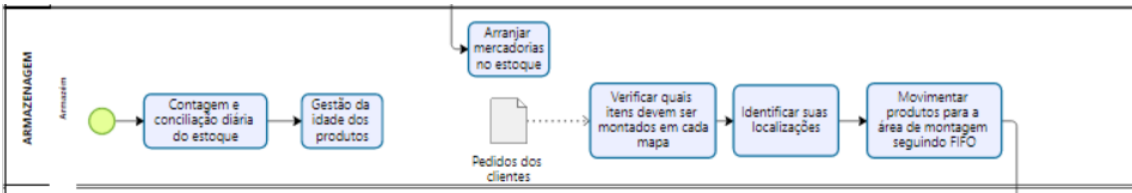
Schumacher, A., Erol, S., & Sihm, W. (2016). A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises, *Procedia CIRP*, Vol 52, 161-166, ISSN 2212-8271. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.040>.

## Anexos:

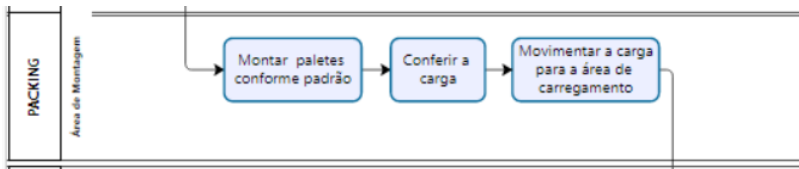
### Anexo I – Processo de Recebimento



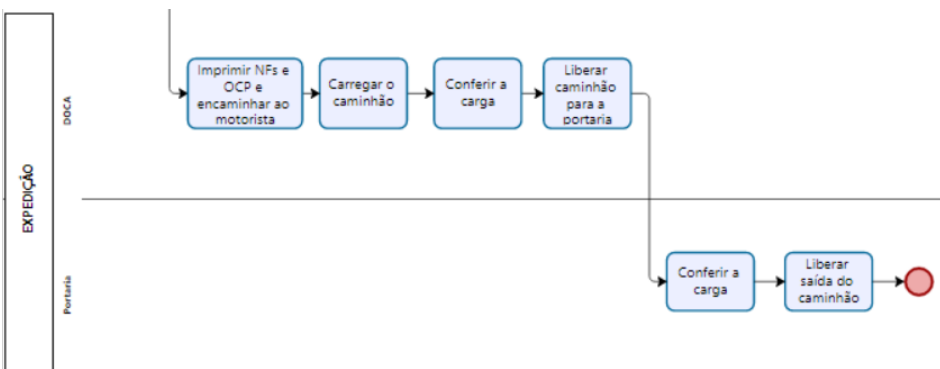
### Anexo II – Processo de Armazenagem



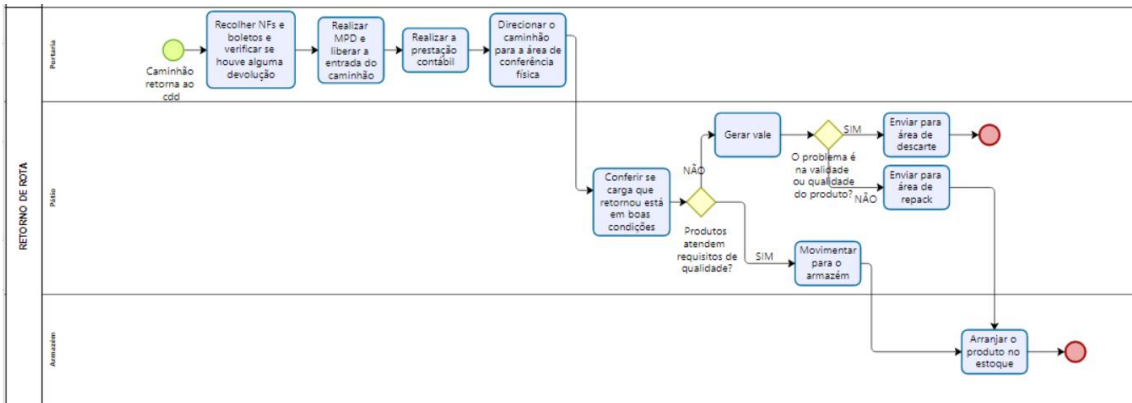
### Anexo III – Processo de Packing



### Anexo IV – Processo de Expedição



## Anexo V – Processo de Retorno de Rota



## Anexo VI – Visão Geral do Mapeamento de Processos

