

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**AGAMENON PRUX**

**PROPOSIÇÃO DE POLÍTICA DE GESTÃO DE ESTOQUES EM CENTRO DE  
DISTRIBUIÇÃO DE UMA INDÚSTRIA DE EMBALAGENS DE PAPELÃO  
ONDULADO**

**FARROUPILHA**

**2026**

**AGAMENON PRUX**

**PROPOSIÇÃO DE POLÍTICA DE GESTÃO DE ESTOQUES EM  
CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO DE UMA INDÚSTRIA DE EMBALAGENS DE  
PAPELÃO ONDULADO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade de Caxias do Sul, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Odacir Deonísio Graciolli.

**FARROUPILHA**

**2026**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Universidade de Caxias do Sul  
Sistema de Bibliotecas UCS - Processamento Técnico

P972p Prux, Agamenon

Proposição de política de gestão de estoques em centro de distribuição de uma indústria de embalagens de papelão ondulado [recurso eletrônico] /

Agamenon Prux. – 2026.

Dados eletrônicos.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de Caxias do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2026.

Orientação: Odacir Deonísio Graciolli.

Modo de acesso: World Wide Web

Disponível em: <https://repositorio.ucs.br>

1. Administração de material. 2. Logística empresarial. 3. Controle de estoque - Estudo de caso. 4. Embalagens - Indústria. 5. Previsão de vendas. I. Graciolli, Odacir Deonísio, orient. II. Título.

CDU 2. ed.: 658.78

Catalogação na fonte elaborada pela(o) bibliotecária(o)  
Ana Guimarães Pereira - CRB 10/1460

**AGAMENON PRUX**

**PROPOSIÇÃO DE POLÍTICA DE GESTÃO DE ESTOQUES EM  
CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO DE UMA INDÚSTRIA DE EMBALAGENS DE  
PAPELÃO ONDULADO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade de Caxias do Sul, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção.

Aprovado em 04 de agosto de 2026.

**Banca Examinadora**

---

Prof. Dr. Odacir Deonísio Graciolli  
Universidade de Caxias do Sul (Orientador)

---

Prof. Dr. Gabriel Vidor  
Universidade de Caxias do Sul

---

Prof. Dr. Guilherme Bergmann Borges Vieira  
Universidade de Caxias do Sul

---

Prof. Dra Maria Emília Camargo  
Universidade Federal de Santa Maria

Dedico este trabalho à minha esposa, Rita Keli Pereira e aos meus filhos Carlos Eduardo Prux, Mariana Prux e Augusto Prux, por me darem suporte nesta jornada e terem pago com a mais preciosa das moedas este período: o tempo de suas vidas.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais Agamenon Cardoso Prux e minha mãe Beatriz Lazzari pelos valores repassados, educação ministrada e seus preciosos tempos dedicados à minha formação pessoal e profissional.

À minha família pelo suporte do dia a dia e por entenderem que no final das contas “é por vocês”.

Às minhas irmãs Fabiana e Daniela pelo incentivo e encorajamento prestado.

Ao meu Orientador, Prof. Dr. Odacir Deonísio Graciolli, pela paciência, incentivo e repasse de conhecimentos na elaboração desta dissertação.

Aos meus colegas de Mestrado e Professores por suas enormes contribuições neste passo acadêmico de minha vida profissional.

## RESUMO

A cadeia de suprimentos integra fornecedores, manufatura e distribuição, com o objetivo de organizar o fluxo de materiais, de informações e de recursos financeiros. Nesse contexto, a logística assegura a movimentação dos produtos desde a produção até o consumidor final, e a gestão de estoques relaciona-se diretamente com o atendimento da demanda dos clientes, buscando equilibrar a disponibilidade de produtos com os custos associados. A empresa estudada adota o modelo de produção *Make to Order* (MTO) e, para um grupo selecionado de clientes, utiliza estoques localizados em um centro de distribuição (CD) para atender de forma fracionada e responsiva. O controle desses estoques é realizado em planilhas eletrônicas, com alimentação manual de dados, o que resulta em rupturas, obsolescência de itens e ocupação inadequada do espaço físico. Este trabalho propõe uma política de gestão de estoques para o CD, estruturada a partir de previsão de demanda por séries temporais e do dimensionamento de ponto de pedido, estoque de segurança e lote econômico de produção. A pesquisa caracteriza-se como estudo de caso de natureza aplicada e caráter propositivo, complementado por modelagem e simulação. A política proposta foi avaliada por simulação retrospectiva, na qual o modelo foi aplicado aos dados históricos do período de 2024 e 2025 referentes a uma amostra de dez itens, e seus resultados foram comparados ao desempenho observado. Os resultados indicam ganho no custo total associado ao dimensionamento de lotes e evidenciam o compromisso (trade-off) entre o nível de serviço e o giro de estoque. Apresenta-se ainda um roteiro de implementação em três fases para a adoção do modelo em campo.

**Palavras-chave:** Gestão de estoques. Previsão de demanda. Lote econômico de produção. Ponto de pedido. Estoque de segurança. Embalagens de papelão ondulado. *Make to Order*.

## ABSTRACT

The supply chain integrates suppliers, manufacturing, and distribution with the objective of organizing the flow of materials, information, and financial resources. In this context, logistics ensures the movement of products from production to the final consumer, while inventory management is directly related to meeting customer demand, seeking to balance product availability with the associated costs. The company studied adopts a Make to Order (MTO) production model and, for a selected group of customers, uses inventory located at a distribution center (DC) to provide fragmented and responsive service. Inventory control is carried out using spreadsheets with manual data entry, resulting in stockouts, item obsolescence, and inadequate use of physical space. This study proposes an inventory management policy for the DC, structured based on time-series forecasting and the determination of the reorder point, safety stock, and economic order quantity. The research is characterized as an applied case study with a propositional nature, complemented by modeling and simulation. The proposed policy was evaluated through a retrospective simulation, in which the model was applied to historical data from 2024 and 2025 for a sample of ten items, and its results were compared with the observed performance. The results indicate a reduction in the total cost associated with lot sizing and highlight the trade-off between service level and inventory turnover. A three-phase implementation roadmap for the adoption of the model in the field is also presented.

**Keywords:** Inventory management. Forecasting. Economic order quantity. Reorder point. Safety stock. Corrugated packaging industries. Make to Order.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Bibliometria sobre Logística e Gestão de Estoques .....                       | 17 |
| Figura 2 - Gráfico de produção Acadêmica .....                                           | 18 |
| Figura 3 - Gráfico de estoque de segurança .....                                         | 28 |
| Figura 4 - Gráfico de Revisão Periódica de Estoques .....                                | 30 |
| Figura 5 - Gráfico Revisão Contínua de Estoques .....                                    | 30 |
| Figura 6 - Gráfico de Classificação ABC de Estoques.....                                 | 31 |
| Figura 7 - Gráfico de Lote Econômico (EOQ) .....                                         | 32 |
| Figura 8 - Processo atual de administração de espaço do CD .....                         | 59 |
| Figura 9 - Processo atual de emissão de Ordens de Venda e Ordens de Produção do CD ..... | 60 |
| Figura 10 - Processo atual de controle de estoques do CD .....                           | 61 |
| Figura 11 - Processo atual de entrega a partir do CD .....                               | 62 |
| Figura 12 - Itens selecionados para simulação da solução .....                           | 65 |
| Figura 13 - Gráfico de demanda dos itens selecionados .....                              | 67 |
| Figura 14 - <i>Lead Time Total</i> .....                                                 | 68 |
| Figura 15 - EOQ, ES e PP .....                                                           | 69 |
| Figura 16 - Processo proposto de administração de espaço no CD .....                     | 70 |
| Figura 17 - Simulação de cálculo do gerenciador de estoques.....                         | 72 |
| Figura 18 - Processo sugerido de gerenciamento de estoques .....                         | 73 |
| Figura 19 - Processo sugerido de entrega a partir do CD .....                            | 74 |
| Figura 20 - Fluxo proposto em cada fase do projeto .....                                 | 76 |
| Figura 21 - Resumo de erro das previsões.....                                            | 78 |
| Figura 22 - Cálculo Lote Econômico de Produção. ....                                     | 80 |
| Figura 23 - Comparativo do giro de estoques. ....                                        | 81 |
| Figura 24 - Simulação de comportamento anual dos itens.....                              | 83 |
| Figura 25 – Comparativo Política x Potencial.....                                        | 83 |
| Figura 26 - Comparativo Nível de Serviço.....                                            | 84 |
| Figura 27 - Comparativo Estoque Médio .....                                              | 85 |
| Figura 28 - Comparativo Giro de Estoque .....                                            | 85 |
| Figura 29 - Comparativo Taxa de Ruptura.....                                             | 85 |
| Figura 30 - Análise de Sensibilidade.....                                                | 86 |
| Figura 31 - Custo Incremental por aumento de nível de serviço.....                       | 87 |

## **LISTA DE QUADROS**

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 1 - Fluxo de informações no processo logístico .....  | 23 |
| Quadro 2 - Estratégias de produção.....                      | 26 |
| Quadro 3 - Just in Time .....                                | 28 |
| Quadro 4 - Usuários interessados na previsão de demanda..... | 37 |
| Quadro 5 - Modelo de equações Estruturais.....               | 43 |
| Quadro 6 - Fases para implantação do processo proposto.....  | 75 |

## LISTA DE SIGLAS

AES – Amortecimento exponencial simples  
ATO – *Assemble to order* (montagem sob encomenda)  
BPM – *Business process management*  
CD – Centro de distribuição  
EOQ – *Economic order quantity* (lote econômico)  
ERP – *Enterprise resource planning*  
ES – Estoque de segurança  
ETO – *Engineering to order* (projeto sob encomenda)  
MAE – *Mean absolute error*  
MAPE – *Mean absolute percentage error*  
MTO – *Make to order* (produção sob encomenda)  
MTS – *Make to stock* (produção para estoque)  
OE – Ordem de expedição  
OP – Ordem de produção  
OTD – *On-time delivery*  
OTIF – *On-time in-full*  
OV – Ordem de venda  
PCP – Planejamento e controle da produção  
PDCA – *Plan, do, check, act*  
PP – Ponto de pedido  
RMSE – *Root mean squared error*  
UCS – Universidade de Caxias do Sul  
VMI – *Vendor managed inventory*

## Sumário

|          |                                                          |           |
|----------|----------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                  | <b>12</b> |
| 1.1      | CONTEXTUALIZAÇÃO .....                                   | 14        |
| 1.2      | JUSTIFICATIVA .....                                      | 15        |
| 1.2.1    | Justificativa teórica.....                               | 16        |
| 1.2.2    | Justificativa prática .....                              | 18        |
| 1.3      | QUESTÃO DE PESQUISA .....                                | 19        |
| 1.4      | OBJETIVO .....                                           | 19        |
| 1.4.1    | Objetivo geral.....                                      | 19        |
| 1.4.2    | Objetivos específicos.....                               | 20        |
| <br>     |                                                          |           |
| <b>2</b> | <b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>                        | <b>21</b> |
| 2.1      | LOGÍSTICA .....                                          | 21        |
| 2.2      | GESTÃO DE ESTOQUES.....                                  | 23        |
| 2.2.1    | Estratégias de produção e sua relação com estoques ..... | 24        |
| 2.2.2    | Estratégias de gestão de estoques .....                  | 27        |
| 2.2.3    | Indicadores de estoques .....                            | 33        |
| 2.2.4    | Nível de Serviço.....                                    | 36        |
| 2.3      | PLANEJAMENTO DE VENDAS .....                             | 37        |
| 2.3.1    | Previsão de demanda.....                                 | 38        |
| 2.3.2    | Dados Históricos .....                                   | 38        |
| 2.3.3    | Fatores externos.....                                    | 38        |
| 2.3.4    | Técnicas de previsão .....                               | 39        |
| 2.3.5    | Erros de previsão .....                                  | 44        |
| 2.4      | MAPEAMENTO DE PROCESSOS .....                            | 45        |
| <br>     |                                                          |           |
| <b>3</b> | <b>MÉTODO .....</b>                                      | <b>48</b> |
| 3.1      | CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA .....                          | 48        |
| 3.2      | MÉTODO DE TRABALHO .....                                 | 49        |
| 3.2.1    | Planejamento.....                                        | 49        |
| 3.2.2    | Formulação do modelo .....                               | 50        |
| 3.2.3    | Avaliação por simulação retrospectiva.....               | 55        |
| 3.2.4    | Roteiro de implementação .....                           | 56        |

|          |                                                                        |           |
|----------|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>4</b> | <b>APLICAÇÃO DO MÉTODO.....</b>                                        | <b>57</b> |
| 4.1      | DIAGNÓSTICO.....                                                       | 57        |
| 4.1.1    | Análise do processo atual.....                                         | 58        |
| 4.1.2    | Identificação de problemas.....                                        | 63        |
| 4.1.3    | Definição dos resultados esperados.....                                | 64        |
| 4.2      | FORMULAÇÃO DO MODELO .....                                             | 64        |
| 4.2.1    | Definição da política de estoque .....                                 | 64        |
| 4.2.2    | Definição de espaço físico.....                                        | 64        |
| 4.2.3    | Relação dos produtos candidatos ao CD. ....                            | 65        |
| 4.2.4    | Análise da demanda. ....                                               | 65        |
| 4.2.5    | Análise da produção .....                                              | 68        |
| 4.2.6    | Cálculo dos parâmetros .....                                           | 69        |
| 4.2.7    | Definição do fluxo de processo proposto .....                          | 69        |
| <b>5</b> | <b>RESULTADOS .....</b>                                                | <b>77</b> |
| 5.1      | CONSIDERAÇÕES SOBRE A AVALIAÇÃO POR SIMULAÇÃO<br>RETROSPECTIVA.....    | 77        |
| 5.2      | COMPARAÇÃO DE MODELOS DE PREVISÃO DE DEMANDA.....                      | 77        |
| 5.3      | LOTE ECONÔMICO DE PRODUÇÃO .....                                       | 79        |
| 5.4      | GIRO DE ESTOQUE E O COMPROMISSO ENTRE NÍVEL DE SERVIÇO E<br>GIRO ..... | 81        |
| 5.5      | AVALIAÇÃO DOS DEMAIS INDICADORES .....                                 | 82        |
| 5.6      | ANÁLISE DE CENÁRIOS DE NÍVEL DE SERVIÇO .....                          | 84        |
| 5.7      | ANÁLISE DE SENSIBILIDADE.....                                          | 86        |
| 5.8      | USO DO ESPAÇO FÍSICO DO CD .....                                       | 87        |
| <b>6</b> | <b>CONCLUSÃO.....</b>                                                  | <b>88</b> |
| 6.1      | IMPLICAÇÕES GERENCIAIS.....                                            | 88        |
| 6.2      | LIMITAÇÕES .....                                                       | 89        |
| 6.3      | TRABALHOS FUTUROS .....                                                | 90        |
| <b>7</b> | <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                               | <b>91</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Em um ambiente de mercados cada vez mais integrados e competitivos, oferecer produtos e serviços com valor percebido pelos clientes e a custo competitivo é condição relevante para o desempenho das organizações. Christopher (1999) observa que apenas em período recente as empresas reconheceram o impacto do gerenciamento logístico na obtenção de vantagem competitiva, definindo a logística como o processo de gerenciar estrategicamente o fluxo de materiais e informações. Entre as atividades logísticas, a gestão de estoques destaca-se por sua influência simultânea sobre os custos operacionais e o nível de serviço oferecido ao cliente.

A gestão dos estoques envolve um desafio de equilíbrio. Enquanto níveis elevados de estoque aumentam o capital imobilizado, os custos de armazenagem, o risco de obsolescência e níveis insuficientes de estoques podem provocar rupturas e comprometer o atendimento da demanda. Conforme Ballou (2006), as empresas dedicam esforço à diferenciação de seus produtos, mas quando a gestão identifica que a redução do custo de estocagem influencia significativamente os custos totais e que as decisões de estoque determinam diferentes níveis de serviço ao cliente, torna-se possível conquistar novos mercados e ampliar a participação nos mercados atuais. Na perspectiva de marketing, o serviço ao cliente integra o conjunto dos quatro elementos — produto, preço, promoção e ponto de venda —, sendo este último associado à distribuição física e ao uso de centros de distribuição.

Christopher (1999) acrescenta que, no mercado atual, produtos atrativos, preços competitivos e comunicação não são suficientes, pois os clientes demandam novos patamares de serviço. A elevação do nível de serviço apoia-se nos estoques como medida para reduzir rupturas de fornecimento, o que, por sua vez, eleva os custos de armazenagem e estocagem.

Esse equilíbrio torna-se ainda mais relevante quando a organização utiliza os estoques como instrumento para elevar seu nível de serviço e fortalecer o relacionamento com os clientes. Dessa forma, decisões relacionadas à previsão da demanda, aos níveis de estoque e à reposição dos produtos precisam estar integradas, de modo que a empresa seja capaz de responder às necessidades do mercado sem gerar estoques superiores à sua necessidade operacional.

Segundo o *Council of Supply Chain Management Professionals*, a logística é o processo de planejar, executar e controlar o fluxo e a armazenagem de matérias-primas, materiais em elaboração, produtos acabados e serviços, do ponto de origem ao ponto de consumo, com o

objetivo de atender aos requisitos do consumidor (CSCMP, 2010 apud Nogueira, 2018). Ainda conforme Nogueira (2018), a gestão de estoques é relevante para realizar atendimentos com nível de serviço adequado e menor custo de manutenção, uma vez que os estoques imobilizam capital que poderia ter outros usos. O aumento da rotatividade libera ativo e reduz o custo de manutenção do inventário; é necessária, portanto, uma política de estoques que evite tanto o excesso quanto a falta de material.

No Brasil, a logística empresarial ganhou relevância a partir da década de 1980 e intensificou-se após o Plano Real (1994), com a abertura de mercado e a estabilização econômica. Estoques excessivos, antes utilizados como proteção contra a inflação, passaram a ser revistos sob a ótica de eficiência e competitividade. A mudança desse contexto contribuiu para ampliar a necessidade de práticas de gestão capazes de determinar níveis de estoque economicamente adequados.

Entre os modelos clássicos relacionados à determinação dos níveis de estoque encontra-se *Economic Order Quantity* (EOQ), proposto por Ford Harris em 1913, estabelece a quantidade de pedido que equilibra os custos de pedir e os custos de manter estoque (Castro, 2005; Hopp; Spearman, 2000). A aplicação desse conceito, associada ao comportamento da demanda, contribui para sustentar níveis de serviço com custos controlados.

Quando essa problemática é transportada para ambientes industriais, a complexidade das decisões aumenta, uma vez que as necessidades de estoque passam a estar relacionadas não apenas às decisões de compra, mas também ao planejamento e ao sequenciamento da produção. O Problema da Programação de Lotes Econômicos de Produção (*Economic Lot Scheduling Problem – ELSP*) é recorrente em indústrias com processos de produção em linha. O objetivo é determinar um sequenciamento de produção que atenda à demanda conjugando os menores custos de setup e de manutenção de estoques. Segundo Elmaghraby (1978), o ELSP decorre da necessidade de acomodar padrões de produção cíclicos baseados no EOQ, calculado individualmente para cada item.

Entretanto, a definição adequada dos lotes e dos níveis de estoque depende, em grande medida, da capacidade da organização de compreender o comportamento da demanda. Nesse sentido, a previsão de demanda constitui uma etapa importante para o planejamento dos estoques, uma vez que fornece informações utilizadas na definição das necessidades futuras de produtos. As previsões de demanda podem ser elaboradas por métodos quantitativos, qualitativos ou pela combinação de ambos. Os métodos quantitativos baseiam-se na análise de séries temporais, ao passo que os métodos qualitativos se baseiam em opiniões de especialistas e estão sujeitos a vieses que podem comprometer a confiabilidade dos resultados. Mentzer e

Cox (1997) registram que os métodos qualitativos foram historicamente os mais utilizados na previsão de demanda, apesar do menor grau de precisão, permaneceram em uso mesmo com a difusão dos métodos quantitativos, impulsionada pelo aumento da capacidade de processamento de dados (Sanders; Manrodt, 1994). Dias (1998) associa o uso dos métodos qualitativos ao fato de as previsões por eles geradas corresponderem às metas de demanda estabelecidas pelas empresas, o que ajuda a explicar a baixa precisão observada.

A relação entre previsão de demanda e gestão de estoques torna-se, assim, particularmente importante. Uma previsão inadequada pode levar a decisões de produção e reposição incompatíveis com o comportamento efetivo do mercado, resultando tanto em excesso quanto em falta de produtos. Em consequência, a qualidade da informação utilizada para antecipar a demanda influencia diretamente a definição dos níveis de estoque, a utilização dos recursos produtivos e a capacidade de atendimento ao cliente. Dessa maneira, a gestão de estoques não deve ser analisada isoladamente, mas como parte de um sistema de decisões integrado ao planejamento da demanda, da produção e da distribuição.

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A empresa estudada atua no modelo Make to Order (MTO), no qual cada venda realizada gera uma Ordem de Produção (OP) específica, com quantidades e prazos definidos conforme a necessidade do cliente. Os produtos são altamente customizados e possuem elevado risco de obsolescência, dado o uso exclusivo para cada cliente e a ausência de informação sobre seu ciclo de vida.

Essa característica do sistema produtivo torna a relação entre produção, demanda e estoque particularmente importante. Em um ambiente de produção predominantemente sob encomenda, a fabricação de volumes superiores às necessidades imediatas pode aumentar a exposição da empresa a perdas, com o aumento das entregas em lotes menores e maior frequência, observou-se elevação dos tempos de setup e perdas no processo.

Diante desse cenário, a empresa adotou uma estratégia de criação de um Centro de Distribuição (CD), permitindo produzir determinados itens em lotes maiores (baseados em uma versão simplificada de EOQ) e armazenagem dos produtos, posteriormente entregues de forma fracionada conforme a demanda.

O modelo proporcionou uma mudança na relação entre a empresa e seus clientes. Ao disponibilizar produtos de forma fracionada e com maior frequência, transferindo essa responsabilidade para a empresa, passou a constituir diferencial competitivo. Dessa maneira, o CD deixou de representar apenas uma estrutura física de armazenagem e passou a constituir um elemento da estratégia de atendimento e relacionamento com os clientes, especialmente para aqueles que demandam elevado nível de serviço. Ao longo dos anos, dois outros centros de distribuição foram criados em pontos estratégicos e, em processo de melhoria contínua, identificou-se a possibilidade de unificá-los (os 3 CD's) em um único ponto.

O aumento de volumes, de variedade de itens e do número de clientes ampliou os desafios na gestão de estoques. Paralelamente, os controles de pedidos, previsão de demandas, entregas e estoques, todos em planilha eletrônicas, resultaram em elevados volumes em estoques, perdas por desistência de compra, perdas por obsolescência e ocupação de capacidade produtiva indevida.

Diante desse cenário, evidencia-se a necessidade de estabelecer uma política de gestão de estoques que permita à empresa definir níveis de inventário compatíveis com o comportamento da demanda e com o nível de serviço esperado, buscando, simultaneamente, reduzir custos e melhorar a utilização dos recursos disponíveis. A definição dessa política pode contribuir para tornar as decisões de reposição mais estruturadas, reduzir a ocorrência de excessos e rupturas e apoiar a utilização do CD como instrumento de competitividade e fidelização de clientes.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A relevância desta pesquisa decorre da necessidade de conciliar dois objetivos que, embora complementares, podem apresentar comportamentos conflitantes: assegurar o nível de serviço esperado pelos clientes e controlar os custos associados à manutenção dos estoques. No caso estudado, essa necessidade assume importância adicional porque o Centro de Distribuição constitui um componente da estratégia comercial da empresa, sendo utilizado para proporcionar maior frequência de entregas e reduzir os estoques mantidos pelos clientes.

O emprego de recursos tecnológicos e de métodos estruturados de gestão pode, portanto, favorecer uma utilização mais eficiente do espaço físico e dos recursos disponíveis, evitando

que o crescimento da operação seja acompanhado proporcionalmente pelo aumento dos estoques e dos custos.

### **1.2.1 Justificativa teórica**

A evolução da logística empresarial evidencia uma mudança progressiva de uma abordagem predominantemente funcional para uma perspectiva integrada, na qual as decisões relacionadas a estoques, produção, distribuição e atendimento ao cliente são analisadas de forma articulada. Conforme Christopher (2018), a logística pode ser compreendida em quatro estágios.

No primeiro estágio, as atividades logísticas são isoladas, com independência funcional completa; cada função opera de maneira separada e cada departamento gerencia seus próprios estoques, com foco na minimização de custos de transporte e armazenagem.

No segundo estágio, há maior integração entre funções adjacentes, com coordenação das atividades de transporte, armazenamento, gestão de inventário, compras e distribuição, ainda com ênfase na eficiência departamental. Apesar do avanço em relação ao estágio anterior, a orientação ainda permanece fortemente associada à eficiência das funções internas.

No terceiro estágio, desenvolvem-se sistemas de informação mais abrangentes e práticas integradas de gestão de inventário, com o surgimento dos sistemas ERP e a sincronização dos fluxos de materiais e de informações ao longo da cadeia interna. Nesse estágio, a qualidade e a disponibilidade das informações tornam-se elementos fundamentais para apoiar decisões relacionadas à demanda, aos estoques e à produção.

No quarto estágio, a gestão da cadeia de suprimentos expande o foco para além das fronteiras da empresa, incluindo fornecedores, parceiros e clientes. Ferramentas como o planejamento, previsão e reposição colaborativos (CPFR) e o planejamento de vendas e operações (S&OP), refletem esta evolução, na medida em que ampliam a integração entre os agentes da cadeia e direcionam as decisões para a satisfação do cliente e a capacidade de resposta à demanda.

A evolução apresentada por Christopher (2018) reforça a importância de sistemas de gestão capazes de integrar informações e decisões. No contexto da empresa estudada, essa

perspectiva é particularmente pertinente, pois o crescimento da operação do CD aumentou a necessidade de integrar informações relacionadas à demanda, aos pedidos, aos estoques e à produção. Assim, a definição de uma política de gestão de estoques não representa apenas uma decisão operacional, mas uma iniciativa relacionada à evolução da gestão logística da organização.

Além da evolução conceitual da logística, a relevância acadêmica do tema pode ser observada por meio da produção científica relacionada à logística e à gestão de estoques. A pesquisa bibliométrica apresentada na Figura 1 indica que a logística e a gestão de estoques constituem campo de produção acadêmica relevante e ainda em expansão. Observando o gráfico da Figura 2 observamos uma estabilidade na produção acadêmica nos termos em língua portuguesa, ao passo que nos termos em língua inglesa observamos um recuo na produção.

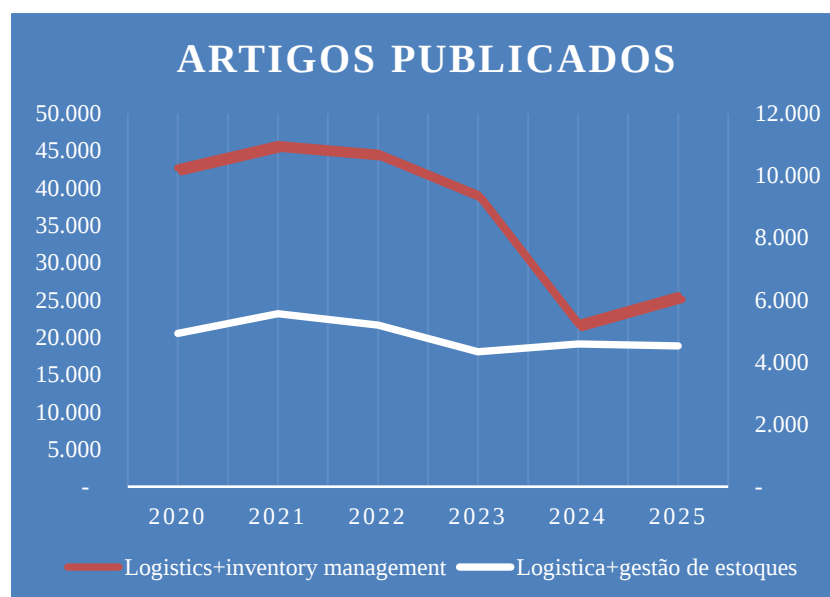
Figura 1 - Bibliometria sobre Logística e Gestão de Estoques

| <b>Termos procurados: logistics, inventory management</b> |                |              |
|-----------------------------------------------------------|----------------|--------------|
| Ano \ Fontes                                              | Google Scholar | Portal Capes |
| 2020                                                      | 41.800         | 898          |
| 2021                                                      | 44.800         | 1.023        |
| 2022                                                      | 43.700         | 956          |
| 2023                                                      | 38.300         | 829          |
| 2024                                                      | 21.200         | 621          |
| 2025                                                      | 25.200         | 378          |

| <b>Termos procurados: logística, Gestão de Estoques</b> |                |              |
|---------------------------------------------------------|----------------|--------------|
| Ano \ Fontes                                            | Google Scholar | Portal Capes |
| 2020                                                    | 4.920          | 9            |
| 2021                                                    | 5.550          | 11           |
| 2022                                                    | 5.190          | 7            |
| 2023                                                    | 4.330          | 7            |
| 2024                                                    | 4.570          | 14           |
| 2025                                                    | 4.520          | 2            |

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Figura 2 - Gráfico de produção Acadêmica



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Os resultados da pesquisa bibliométrica reforçam a pertinência acadêmica do tema, ao demonstrar que logística e gestão de estoques permanecem inseridas em um campo de investigação relevante.

### 1.2.2 Justificativa prática

A justificativa prática está diretamente relacionada aos desafios identificados na operação do Centro de Distribuição. A estratégia da empresa consiste em, através do uso do CD, fortalecer a relação com os clientes como diferencial competitivo. Para que essa estratégia seja sustentável, entretanto, é necessário que os estoques sejam dimensionados de forma compatível com o comportamento da demanda e com o nível de serviço estabelecido pela organização.

O modelo de gestão baseado em planilhas eletrônicas apresenta limitações diante do crescimento da operação como: erros de registro, rupturas, obsolescência de produtos e necessidade de ordens urgentes que desorganizam o planejamento produtivo. A maior complexidade das informações aumenta a possibilidade de erros de registro e dificulta a identificação tempestiva de situações de excesso ou insuficiência de estoque.

Como consequência, além de gerar custos logísticos adicionais, essas falhas afetam o relacionamento com os clientes e comprometem o aproveitamento do espaço físico do CD. Uma política de estoques estruturada e apoiada por recursos de informação tende a contribuir para a manutenção do nível de serviço, para a ampliação da base de clientes atendidos pelo CD e para o uso adequado da capacidade de armazenagem.

Assim, a relevância prática da pesquisa está na possibilidade de desenvolver e avaliar uma política de gestão de estoques aplicável à realidade da empresa, buscando reduzir o desequilíbrio entre excesso e falta de produtos. A avaliação dessa política por meio de um plano piloto e de simulações permite, adicionalmente, analisar seus possíveis efeitos antes de uma implementação mais ampla, reduzindo os riscos associados à mudança do modelo atualmente utilizado.

### 1.3 QUESTÃO DE PESQUISA

A necessidade de conciliar nível de serviço, disponibilidade de produtos, custos de manutenção de estoques e capacidade operacional conduz ao seguinte problema de pesquisa: Qual política de gestão de estoques deve ser utilizada para atender a demanda dos clientes do centro de distribuição ao menor custo operacional?

### 1.4 OBJETIVO

#### 1.4.1 Objetivo geral

Propor uma política de gestão de estoques para o centro de distribuição, de modo a manter o nível de serviço ao cliente com o menor custo operacional.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

Constituem objetivos específicos do trabalho:

- mapear a política de gestão de estoques utilizada atualmente no CD;
- identificar oportunidades de melhoria;
- definir uma nova política;
- estabelecer um plano piloto para itens selecionados, avaliando seus resultados por simulação.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A logística constitui um campo fundamental para a coordenação dos fluxos de materiais e informações nas organizações, envolvendo decisões que influenciam diretamente os custos operacionais e a capacidade de atendimento das necessidades dos clientes. Nesta linha, a gestão de estoques assume papel relevante, pois estabelece uma relação direta entre a disponibilidade dos produtos, a continuidade das operações e os recursos financeiros empregados na sua manutenção. Considerando que o presente estudo busca propor uma política de gestão de estoques para um Centro de Distribuição, torna-se necessário compreender inicialmente o papel da logística e, a partir dele, avançar para os conceitos relacionados aos estoques, à demanda, à previsão e às decisões de reposição.

Este capítulo apresenta então, conceitos de logística, gestão de estoques e de previsão de demanda, inseridos na cadeia logística e voltados à manutenção do nível de serviço ao menor custo. Em seguida, descrevem-se técnicas de previsão e formas de avaliar sua assertividade, além das principais estratégias e políticas de estoque e dos indicadores de desempenho.

### 2.1 LOGÍSTICA

A logística tem origem militar, sendo descrita por Heródoto como a parte das artes militares que se destina a assegurar às forças armadas todos os meios necessários para a sua sobrevivência no campo de batalha, incluindo melhores condições de movimentação, abastecimento, alojamento e transporte de tropas (Medina, 2002). Voltou a ser ressaltada no período pós-guerra, em que as atividades logísticas militares utilizadas na II Guerra Mundial influenciaram significativamente os conceitos logísticos utilizados atualmente.

No ambiente empresarial, a logística passou a incorporar uma perspectiva mais ampla, relacionada à coordenação dos fluxos físicos e informacionais necessários para disponibilizar produtos aos clientes. Ballou (2006, p. 27) define logística como:

“[...] é o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo eficiente e economicamente eficaz de matérias-primas, estoque em processo, produtos acabados e

informações relativas desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o propósito de atender às exigências dos clientes.”

A definição apresentada evidencia que a logística não se limita ao transporte ou à armazenagem. Seu escopo envolve diferentes etapas do fluxo de materiais e informações, desde o fornecimento de matérias-primas até a disponibilização dos produtos ao consumidor. Essa visão integrada é reforçada por Christopher (2018, p. 3), ao definir logística como:

“[...]o processo de gerenciar estrategicamente a aquisição, movimentação e armazenagem de materiais, peças e produtos acabados (e os fluxos de informações correlatos) por meio da organização e seus canais de comercialização, de tal forma que as rentabilidades atual e futura sejam maximizadas através da execução de pedidos, visando ao custo-benefício.”

A partir dessas definições, observa-se que a logística relaciona decisões operacionais a objetivos econômicos e de atendimento ao cliente. Assim, a movimentação e a armazenagem dos materiais precisam ser coordenadas de maneira a proporcionar disponibilidade adequada sem produzir custos superiores aos benefícios gerados.

Esta relação é evidenciada por Diaz *et al* (2022), que obtiveram resultados positivos em seu artigo ao aplicar ferramentas de gestão de estoques com o objetivo de aumentar o giro de estoques de uma empresa comercial. Foram aplicadas as seguintes ferramentas: previsão de vendas; 5'S, BPM e política Min-Max. Com a aplicação destas ferramentas conseguiu aumentar o giro de estoques da empresa em 39% no primeiro ano avaliado.

A logística constitui um importante instrumento para o aprimoramento do desempenho organizacional, uma vez que contribui para a integração e a otimização dos processos relacionados ao fluxo de materiais, informações e produtos. Nesse contexto, a gestão eficiente dos estoques desempenha papel fundamental, pois possibilita melhor utilização dos espaços de armazenagem, redução de custos e prevenção de aquisições desnecessárias. A busca contínua por maior eficiência e competitividade tem levado as organizações a aprimorar seus processos logísticos, reconhecendo a logística como um elemento estratégico para a obtenção de vantagens competitivas, fidelização e satisfação dos clientes (NOVAES, 2021).

O conceito de logística, de acordo com os autores, relaciona-se com o gerenciamento e execução das atividades ao longo de toda a cadeia de suprimentos, incluindo atividades junto a fornecedores e clientes, visando a racionalizar os fluxos físicos e informacionais e à satisfação das demandas dos consumidores. O Quadro 1 representa o fluxo de informações no processo logístico.

Quadro 1 - Fluxo de informações no processo logístico



Fonte: adaptado de Ballou 2006.

## 2.2 GESTÃO DE ESTOQUES

Os estoques constituem um dos principais elementos da gestão logística e da cadeia de suprimentos, estando presentes em diferentes estágios do fluxo de materiais. Ballou (2006) define os estoques como acúmulos de matérias-primas, suprimentos, componentes, materiais em processo e produtos acabados que surgem em diferentes pontos dos canais de produção e logística. Essa concepção evidencia que os estoques não se restringem aos produtos acabados, abrangendo os materiais mantidos ao longo dos diferentes estágios do sistema logístico.

Nogueira (2018), por sua vez, enfatiza a dimensão econômica da gestão de estoques, destacando que os estoques absorvem capital e influenciam diretamente os custos e a rentabilidade empresarial. Uma política adequada de estoques deve evitar tanto a manutenção excessiva de materiais quanto a ocorrência de faltas, buscando níveis de estoque compatíveis com as necessidades operacionais e com os objetivos econômicos da organização.

Segundo Wanke (2011), às políticas de estoques se dividem em políticas de antecipação de estoques (MTS) ou postergação de estoques (MTO), associadas, respectivamente, ao planejamento com base em previsões de vendas ou reação à demanda.

Os estoques atuam como amortecedores das flutuações da demanda, suportam promoções, sazonalidades e expansão geográfica, possibilitam ganhos de escala em compras e produção, além de contribuírem para a gestão de riscos da operação.

Os estoques têm impacto financeiro direto nos custos operacionais e na alocação de capital. Sob a ótica estratégica, afetam a capacidade da empresa de atender à demanda, de gerenciar riscos e de sustentar suas estratégias de negócio. O equilíbrio na gestão de estoques é, portanto, condição para conciliar benefícios e custos associados.

A gestão de estoques apresenta desafios associados à volatilidade da demanda, aos custos operacionais e à complexidade da cadeia de suprimentos. Constituem desafios: as flutuações de demanda, que dificultam a previsão das necessidades de estoque; os riscos de obsolescência de itens não vendidos em prazo razoável; e a complexidade da coordenação entre fornecedores, fabricantes, distribuidores e varejistas. Constituem oportunidades: a melhoria da eficiência operacional, com redução do tempo de ciclo e dos custos; a redução de desperdícios; a gestão de riscos por meio de estoque de segurança e diversificação de fornecedores; e o suporte a estratégias de negócio, como lançamentos e promoções.

A partir dessas contribuições, observa-se que os estoques podem ser compreendidos como recursos materiais mantidos em diferentes pontos da cadeia de suprimentos para compensar diferenças entre oferta e demanda, assegurar a continuidade dos processos e proporcionar determinado nível de disponibilidade aos clientes. Entretanto, sua manutenção representa uma decisão que envolve um trade-off entre nível de serviço, capacidade de resposta, continuidade operacional e custos. Portanto, a gestão de estoques deve buscar determinar níveis adequados de estoque, considerando simultaneamente a variabilidade da demanda, os tempos de reposição, os custos de manutenção (capital imobilizado), obsolescência e o nível de serviço desejado.

### **2.2.1 Estratégias de produção e sua relação com estoques**

De acordo com Darú (2005), uma das decisões essenciais relacionadas à estratégia de produção é a definição da política de estoques para os produtos acabados. Essa política pode seguir quatro abordagens principais: produção para estoque (*Make-To-Stock – MTS*), produção sob encomenda (*Make-To-Order – MTO*), montagem sob encomenda (*Assemble-To-Order – ATO*) e projeto sob encomenda (*Engineering-To-Order – ETO*).

Corrêa, Giancesi e Caon (2001), observam que a possibilidade de manter estoques varia conforme o sistema produtivo adotado. Cada um desses modelos apresenta uma forma distinta de se relacionar com os clientes e com os prazos de entrega, exigindo políticas específicas.

Segundo Godinho Filho (2004), a literatura especializada apresenta essas quatro estratégias como formas básicas de resposta dos sistemas produtivos à demanda do mercado. O Quadro 2 do trabalho mostra essas abordagens, destacando ainda duas variações para o MTO, dependendo de o suprimento ser feito sob encomenda ou não. Tais estratégias influenciam diretamente o lead time e o tempo de resposta dos processos produtivos. No modelo MTS, os produtos são fabricados com base em previsões de venda. Assim, quando o cliente realiza o pedido, o item já está disponível, possibilitando uma entrega quase imediata. Essa abordagem é apropriada para itens com demanda previsível, embora possa implicar altos custos de armazenagem.

Darú e Lacerda (2005) destacam que a produção para estoque é vantajosa quando há previsibilidade de demanda, permitindo o uso mais eficiente dos recursos produtivos, inclusive em períodos de menor demanda. Entretanto, os principais desafios dessa política são os custos elevados com armazenamento e os riscos associados à incerteza da demanda futura.

No modelo MTO, a produção só é iniciada após a confirmação do pedido pelo cliente. Isso significa que não há formação de estoque de produtos acabados. Essa estratégia é ideal para itens com baixa previsibilidade de demanda, alto valor unitário ou perecibilidade elevada, embora não seja adequada para mercados que exigem rapidez no atendimento.

Darú e Lacerda (2005) acrescentam que esse sistema visa eliminar os custos de armazenagem, uma vez que os produtos são fabricados apenas após o recebimento do pedido. Essa abordagem, no entanto, compromete os prazos de entrega, pois o tempo necessário para aquisição de insumos e produção impacta diretamente o atendimento ao cliente.

O modelo *Assemble-To-Order* é caracterizado pela produção antecipada dos componentes principais, com a montagem final sendo realizada somente após o recebimento do pedido. Essa abordagem reduz o tempo de entrega, pois os itens já estão parcialmente prontos. Ela é eficaz quando uma variedade de produtos pode ser montada a partir de um conjunto limitado de componentes, permitindo customização com agilidade. Pessoti e Souza (2005) explicam que, nesse modelo, os componentes ficam armazenados até que os pedidos dos clientes sejam recebidos, permitindo maior flexibilidade e rapidez na resposta ao mercado.

Por fim, o modelo *Engineering-To-Order* destaca-se por iniciar o projeto do produto apenas após a formalização do pedido. Nenhuma etapa de produção, nem mesmo o desenvolvimento do projeto, é realizada antes da confirmação do cliente. Essa abordagem é útil

para produtos altamente personalizados, mas apresenta desafios de gestão relacionados a prazos, qualidade e especificações. Pessoti e Souza (2005) apontam que o ETO é uma evolução do modelo MTO, em que o projeto é desenvolvido com base nas especificações do cliente e só tem início após a aprovação formal. Isso gera um ambiente produtivo mais complexo e sujeito a incertezas.

Quadro 2 - Estratégias de produção

| <b>Critério</b>                   | <b>MTS</b>                 | <b>MTO</b>                          | <b>ATO</b>                       | <b>ETO</b>                                   |
|-----------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------|
| <b>Início da produção</b>         | Antes do pedido do cliente | Após o pedido confirmado            | Componentes antes, montagem após | Somente após o pedido e aprovação do projeto |
| <b>Formação de estoque</b>        | Produtos acabados          | Não há estoque de produtos acabados | Componentes intermediários       | Não há estoque nem projeto pronto            |
| <b>Lead time</b>                  | Curto                      | Longo                               | Médio                            | Muito longo                                  |
| <b>Previsibilidade da demanda</b> | Alta                       | Baixa                               | Média                            | Muito baixa                                  |
| <b>Flexibilidade</b>              | Baixa                      | Alta                                | Alta                             | Muito alta                                   |
| <b>Custo de estoque</b>           | Alto                       | Baixo                               | Médio                            | Baixíssimo                                   |
| <b>Risco de obsolescência</b>     | Elevado                    | Baixo                               | Médio                            | Muito baixo                                  |
| <b>Customização</b>               | Baixa                      | Alta                                | Parcial                          | Total                                        |
| <b>Complexidade de produção</b>   | Baixa                      | Média                               | Média                            | Muito alta                                   |

Fonte: adaptado de Godinho Filho (2004).

A comparação entre essas estratégias evidencia que quanto maior a antecipação da produção em relação ao pedido, maior tende a ser a dependência da previsão de demanda e da manutenção de estoques. Em contrapartida, quanto mais próxima a produção estiver do pedido efetivo, menor tende a ser o estoque de produtos acabados, mas maior pode ser o tempo necessário para atender ao cliente.

Essa relação é particularmente importante para o presente estudo, uma vez que a empresa analisada opera predominantemente no modelo MTO, mas utiliza um Centro de

Distribuição para antecipar parte da produção e disponibilizar produtos de maneira fracionada aos clientes. Assim, a empresa combina características de produção sob encomenda com uma estratégia de antecipação de estoques para determinados produtos. Esse contexto reforça a necessidade de compreender o comportamento da demanda antes de estabelecer os parâmetros de estoque.

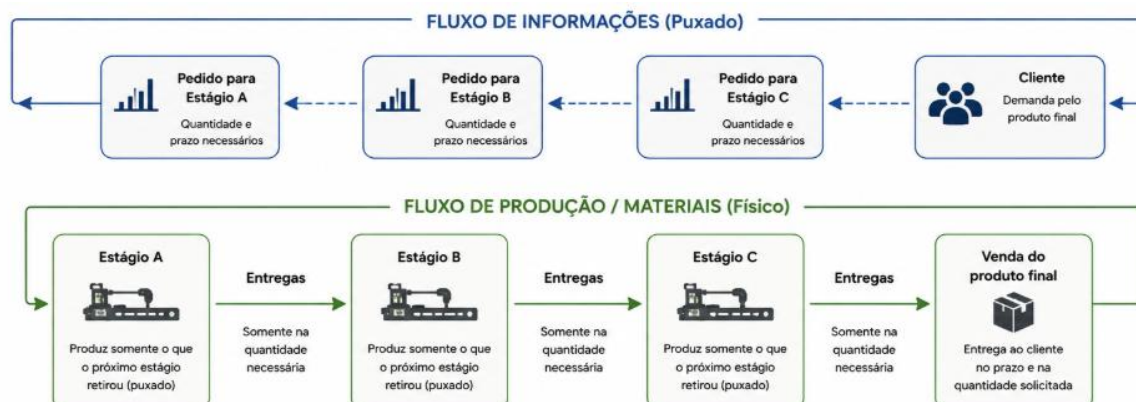
### **2.2.2 Estratégias de gestão de estoques**

Há diversas estratégias de gestão de estoque, cada uma com vantagens e limitações. A escolha depende de características do negócio, como tipo de produto, variabilidade da demanda e capacidade de produção. As perguntas quanto pedir e quando pedir devem ser respondidas pela política adotada e deve estar em consonância ao tipo de negócio e modelo de produção da organização.

#### **2.2.2.1 *Just in Time* (JIT)**

A estratégia *Just in Time* busca reduzir ao máximo os níveis de estoque mantendo um fluxo contínuo de materiais, baseando-se na produção ou aquisição de itens somente quando necessários de modo a evitar custos de estoques excessivos. Segundo Wanke (2011), o *just in time* observa uma lógica reativa à demanda e que seu funcionamento eficiente exige estoques intermediários como proteção das variabilidades apresentadas entre os fluxos. O Quadro 3 representa o sistema de produção puxada associado ao JIT.

Quadro 3 - Just in Time

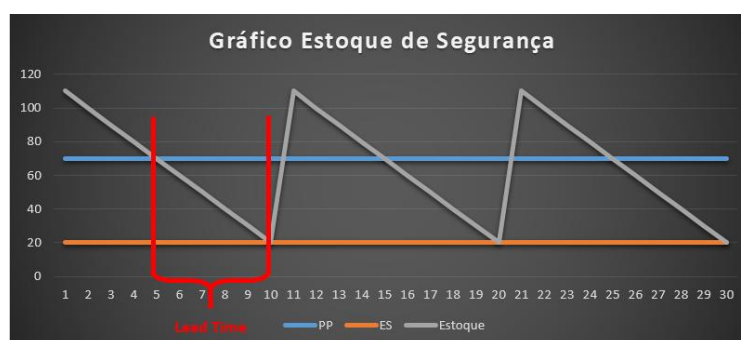


Fonte: adaptado de Wanke (2011).

### 2.2.2.2 Estoque de Segurança

Esta política consiste na manutenção de um estoque adicional para lidar com incertezas na demanda, variações na produção ou atrasos de fornecedores. O objetivo é garantir a disponibilidade de produtos mesmo em situações imprevistas. Conforme Wankee (2021) a probabilidade de ponto de ruptura de estoques é que vai determinar o nível necessário de estoque de segurança, considerando que o tempo de resposta de reposição de estoques seja simetricamente distribuído ao redor da média. A Figura 3 representa o estoque de segurança.

Figura 3 - Gráfico de estoque de segurança



Fonte: adaptado de Wanke (2011).

70 unidades = ponto de pedido

05 dias = lead time

20 unidades = estoque de segurança

A fórmula básica para determinar o Estoque de segurança (ES): considera a variabilidade da demanda e o tempo de reposição, conforme a equação (1(1)).

$$ES = Z * \sigma_D * \sqrt{TR} \quad (1)$$

$Z$  = fator de confiança

$\sigma_D$  = desvio padrão da demanda

$TR$  = tempo de reposição

A fórmula que considera também a variabilidade do tempo de reposição é apresentada na equação (2), proporcionando dimensionamento mais ajustado à operação.

$$ES = Z * \sqrt{\sigma_D^2 \times TR + \sigma_{TR}^2 \times \bar{D}^2} \quad (2)$$

$\sigma_{TR}$  = desvio padrão tempo de reposição

$D$  = demanda

O ponto de pedido (PP) é determinado pela equação (3):

$$PP = Dm * TR + ES \quad (3)$$

$Dm$  = demanda média diária

$TR$  = tempo de reposição

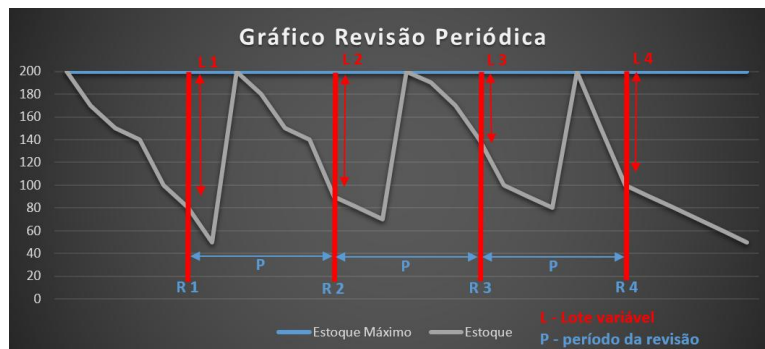
$ES$  = estoque de segurança

### 2.2.2.3 Revisão Periódica de Estoques

Nesta abordagem, os níveis de estoque são verificados em intervalos de tempo fixos e as quantidades de pedido são ajustadas conforme a demanda média do período, ou seja, os lotes de ressurgimento são variáveis para que o estoque não passe do máximo estabelecido. O que

contribui para equilibrar os custos de pedido e de armazenagem. Segundo Wanke (2011) este modelo apresenta menor nível de estoque médio o que é indicado pra situações de forte sazonalidade. A Figura 4 representa a revisão periódica de estoques.

Figura 4 - Gráfico de Revisão Periódica de Estoques

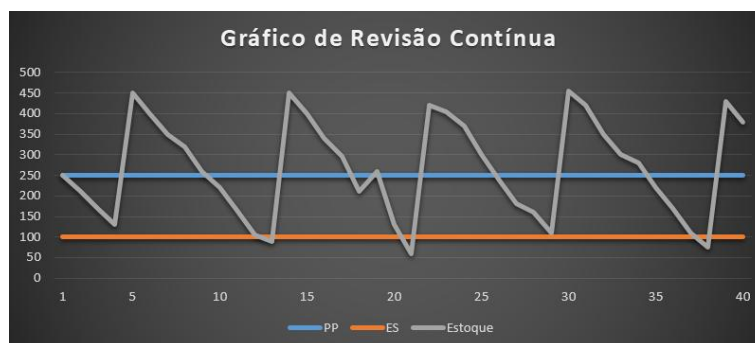


Fonte: adaptado de Wanke (2011).

#### 2.2.2.4 Revisão Contínua de Estoques

Na revisão contínua, os níveis de estoque são monitorados de forma permanente e os pedidos são emitidos sempre que o estoque atinge um ponto de reposição predefinido, o que mantém os estoques mais próximos da demanda real. Conferindo ao modelo menor tempo de resposta às flutuações da demanda. A Figura 5, representa a revisão contínua de estoques.

Figura 5 - Gráfico Revisão Contínua de Estoques

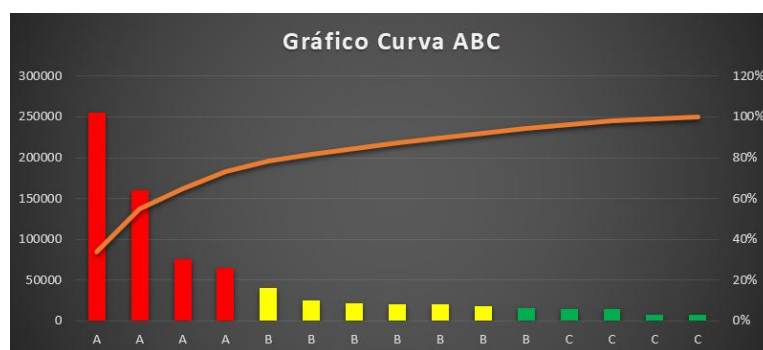


Fonte: adaptado de Wanke (2011).

### 2.2.2.5 Política ABC de Classificação de Estoques

A política ABC classifica os itens de estoque em categorias A B e C com base em critérios como valor de venda, demanda ou importância estratégica, permitindo a gestão diferenciada dos estoques e a priorização de recursos nos itens mais relevantes. O exemplo da Figura 6, retrata uma classificação ABC baseada em custo de estoques.

Figura 6 - Gráfico de Classificação ABC de Estoques

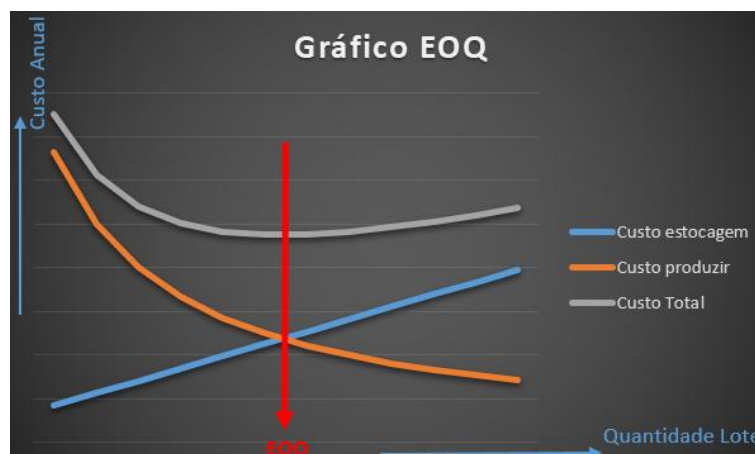


Fonte: adaptado de Wanke (2011).

### 2.2.2.6 Modelo de Lote Econômico (EOQ)

O modelo do lote econômico calcula a quantidade de pedido que minimiza os custos totais de estoque, considerando os custos de pedir e os custos de manter estoque, conforme ilustra na Figura 7, encontrando o equilíbrio entre os custos de pedidos frequentes, os custos de manutenção de estoque elevados e custos logísticos para obtenção dos estoques.

Figura 7 - Gráfico de Lote Econômico (EOQ)



Fonte: adaptado de Wanke (2011).

Segundo Campos e Bertassi (2017), a determinação do EOQ constitui alternativa eficiente e barata para ter resultado na produção sem a aquisição de softwares otimizadores. Considerando que a reposição não é instantânea, usamos a fórmula (4):

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times D \times S}{H \times \left(1 - \frac{d}{p}\right)}} \quad (4)$$

$D$  = demanda anual

$S$  = custo de setup por lote

$H$  = custo de manutenção de estoque por unidade por ano

$d$  = taxa de demanda durante a produção

$p$  = taxa de produção

O custo de manutenção de estoque ( $H$ ) compreende o custo de armazenamento e movimentação no CD acrescido do custo financeiro do valor estocado, conforme equação (5):

$$H = f + (c \times i) \quad (5)$$

$f$  = custo de armazenamento e movimentação por item do CD

$c$  = valor do item

$i$  = taxa de capital

### 2.2.2.7 VMI – *Vendor Management Inventory*

Conforme Pires (2004) o termo VMI surgiu no início dos anos 1990 nos EUA em projetos implementados por grandes varejistas. Trata-se de um sistema de parceria no qual o fornecedor é responsável por abastecer o estoque do cliente sempre que houver necessidade de reposição, assumindo a gestão dos níveis de estoque no ponto de venda ou no armazém do cliente. Entre as características do VMI, destacam-se: o monitoramento dos níveis de estoque e as decisões de reabastecimento pelo fornecedor, a partir de dados de vendas e de estoque do cliente; a redução de rupturas e de custos de manutenção de inventário; a necessidade de integração de sistemas, frequentemente por EDI; o relacionamento colaborativo entre as partes; a avaliação periódica de indicadores de desempenho; e o estabelecimento de acordos contratuais com definição de responsabilidades e de níveis de serviço.

Na prática o VMI é utilizado em redes varejistas/supermercados, com monitoramento e ressurgimento diário dos estoques para garantir que não haja rupturas de estoque, melhorando a disponibilidade de produtos para os consumidores e consequente aumento de vendas.

## 2.2.3 Indicadores de estoques

O uso de indicadores é necessário para avaliar a política de estoques, identificar pontos fortes e deficiências, controlar custos e subsidiar programas de melhoria contínua. Apresentam-se a seguir indicadores usuais.

### 2.2.3.1 Giro de estoque

Indica quantas vezes o estoque foi vendido e repostado em um determinado período de tempo. Quanto maior o giro, melhor, pois significa que os produtos estão sendo vendidos rapidamente, evitando excessos de estoque. Ver equação (6).

$$\text{Giro de Estoque} = \frac{\text{Vendas Totais}}{\text{Estoque Médio}} \quad (6)$$

*Vendas Totais* = volume de vendas totais (do período a ser avaliado)

*Estoque Médio* = estoque inicial + estoque final /2 (do período a ser avaliado)

#### 2.2.3.2 Prazo médio de estocagem:

Calcula o tempo médio que um produto permanece em estoque antes de ser vendido. Um tempo de estocagem mais curto geralmente é preferível, pois reduz os custos associados ao armazenamento. Ver equação (7).

$$\text{Prazo Médio de Estocagem} = \frac{\text{Dias do Período}}{\text{Giro de Estoque}} \quad (7)$$

#### 2.2.3.3 Custo médio de estoque:

Calcula o custo médio dos produtos mantidos em estoque durante um período de tempo específico. Isso ajuda a avaliar o impacto financeiro do estoque na empresa. Ver equação (8).

$$\text{Custo Médio de Estoque} = \frac{\text{Custo Total do Estoque}}{\text{Quantidade Total em Estoque}} \quad (8)$$

**Custo Total do Estoque:** É o valor total de todos os itens de estoque mantidos pela empresa. Isso pode incluir o custo de compra dos produtos, custos de transporte e quaisquer outros custos associados à aquisição dos itens.

**Quantidade Total em Estoque:** É o número total de unidades de produtos mantidos em estoque pela empresa.

#### 2.2.3.4 Taxa de ruptura de estoque:

Mede a frequência com que os produtos estão temporariamente fora de estoque em comparação com a demanda. Uma alta taxa de ruptura pode resultar em perda de vendas e insatisfação do cliente. Ver equação (9).

$$Tx \text{ de Ruptura de Estoque (\%)} = \frac{Número \text{ de Rupturas de Estoque}}{Número \text{ Total de Oportunidades de Venda}} \times 100 \quad (9)$$

#### 2.2.3.5 Cobertura de estoque:

Calcula por quanto tempo o estoque atual pode atender à demanda sem a necessidade de reposição. Ajuda a evitar escassez ou excesso de estoque. Ver equação (10).

$$Cobertura \text{ de Estoque} = \frac{Quantidade \text{ Total em Estoque}}{Taxa \text{ de Consumo Média}} \quad (10)$$

#### 2.2.3.6 Precisão do inventário:

Avalia a precisão das informações de estoque registradas em comparação com o estoque físico. Uma alta precisão é crucial para tomar decisões precisas de reposição e evitar perdas por falta ou excesso de estoque. Ver equação (11).

$$Precisão \text{ do Inventário (\%)} = \left( 1 - \frac{Erros \text{ de Inventário}}{Itens \text{ de Inventário Total}} \right) \times 100 \quad (11)$$

### 2.2.4 Nível de Serviço

O nível de serviço é a capacidade da empresa de atender às expectativas e necessidades dos clientes quanto à entrega de produtos ou serviços, constituindo indicador de desempenho relevante em logística e gestão da cadeia de suprimentos. Entre os aspectos do nível de serviço, destacam-se: a pontualidade, associada à entrega no prazo e ao tempo de ciclo do pedido; a disponibilidade de produtos na quantidade desejada; a qualidade do produto, com redução de reclamações e devoluções; a precisão e a completude das entregas em relação ao pedido original; a flexibilidade para ajustar as operações a mudanças de demanda; e a comunicação e o suporte pós-venda.

Medir e melhorar o nível de serviço é essencial para manter a satisfação do cliente e garantir a competitividade no mercado. Para medir o nível de serviço, as empresas podem usar vários indicadores de desempenho, tais como:

- *On-Time Delivery* (OTD): Percentual de entregas realizadas no prazo prometido, conforme equação (12).

$$OTD (\%) = \left( \frac{\text{Número de Entregas Realizadas no Prazo}}{\text{Número Total de Entregas}} \right) \times 100 \quad (12)$$

- *Order Fill Rate*: Percentual de pedidos completamente atendidos conforme equação (13).

$$\text{Order Fill Rate} (\%) = \left( \frac{\text{Número de pedidos Totalmente Atendidos}}{\text{Número Total de Pedidos Recebidos}} \right) \times 100 \quad (13)$$

- OTIF: é a sigla para *On-Time In-Full*, Ele mede a capacidade de uma empresa de entregar pedidos completos e no prazo combinado com o cliente. Combina o OTD + OFR. Ver equação (14).

$$OTIF (\%) = \left( \frac{\text{Número de Pedidos Entregues no Prazo e Completos}}{\text{Número Total de Pedidos}} \right) \times 100 \quad (14)$$

- *Customer Satisfaction Score* (CSAT): Avaliação direta da satisfação dos clientes. Geralmente é medido por meio de pesquisas quantitativas e qualitativas de satisfação do cliente. Onde os clientes são convidados a avaliar sua satisfação em uma escala, onde os valores mais baixos representam insatisfação e os maiores muita satisfação ou superação de expectativas. O CSAT é calculado como a média dessas avaliações, convertendo a escala para uma porcentagem de acordo com a equação (15).

$$CSAT = \left( \frac{Média\ das\ Pontuações}{Máxima\ Pontuação\ Possível\ na\ Escala} \right) \times 100 \tag{15}$$

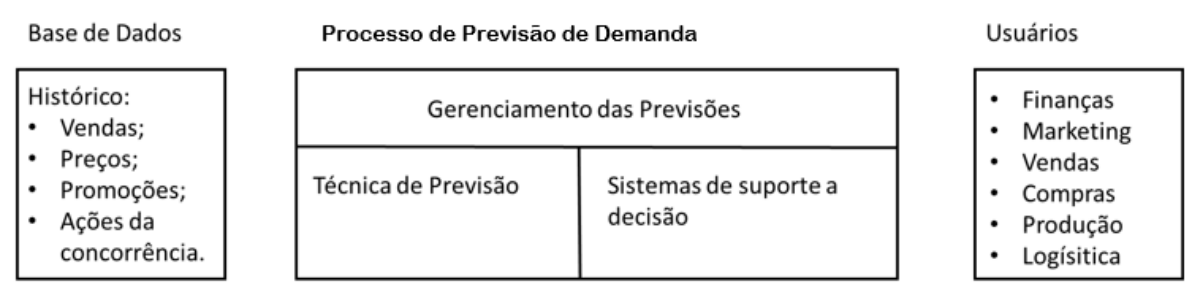
- *Cycle Time*: Tempo total necessário para processar e entregar um pedido. É uma métrica importante na logística e na gestão da cadeia de suprimentos para avaliar a eficiência dos processos. Ver equação (16).

$$Cycle\ Time = Tempo\ de\ Término - Tempo\ de\ Início \tag{16}$$

2.3 PLANEJAMENTO DE VENDAS

O planejamento de vendas integra a previsão de demanda aos recursos de produção e armazenagem, sendo essencial para alinhar oferta e procura. Ele envolve diversos setores da empresa — marketing, logística, produção, suprimentos e finanças — e deve considerar fatores internos e externos que impactam a demanda, conforme se observa no Quadro 4. Wanke e Julianelli (2006) consideram que a previsão de demanda pode ser utilizada para a otimização de estoques, reduzindo estoques desnecessários e rupturas.

Quadro 4 - Usuários interessados na previsão de demanda



Fonte: Wanke e Julianelli (2006).

Tang *et al* (2022), utilizaram-se de *digital twin* e algoritmos genéticos para otimizar a previsão de demanda e gerenciamento de estoques de uma empresa têxtil na indústria cíclica. O algoritmo considerou demanda média, desvio padrão e *lead-time* para uma previsão mais assertiva quando comparada a outros modelos de previsão que foram testados.

### **2.3.1 Previsão de demanda**

A previsão de demanda estima, em determinado período, o volume de produtos ou serviços a serem comercializados, com base em dados históricos, tendências de mercado e fatores externos. Entre suas vantagens, destacam-se: o suporte ao planejamento estratégico; a tomada de decisão baseada em dados; a identificação de tendências e sazonalidades; e o apoio às áreas de marketing e vendas. Entre suas limitações, destacam-se: a incerteza decorrente de mudanças econômicas e de comportamento do consumidor; o erro de previsão, mesmo com técnicas avançadas; a dependência de dados históricos, que limita a antecipação de eventos disruptivos; a complexidade de implementação; e a necessidade de ajustes constantes.

### **2.3.2 Dados Históricos**

As séries históricas fornecem a base para identificar tendências, sazonalidades e padrões de consumo, e sua confiabilidade depende da qualidade, da consistência temporal e da validação dos dados. Constituem práticas relevantes: a validação da qualidade e integridade dos dados; o conhecimento da fonte; a definição do período de observação; a verificação da consistência temporal; a avaliação de valores atípicos (*outliers*); a análise de tendências e padrões; a validação externa; e o uso dos dados em modelos de previsão com testes de precisão e robustez.

### **2.3.3 Fatores externos**

Na previsão de demanda, devem ser considerados fatores externos que influenciam o consumo, entre os quais: as condições econômicas gerais, como crescimento do produto interno bruto, desemprego, inflação e taxas de juros; as tendências de mercado; o clima e as estações do ano; feriados e ações de mercado; a tecnologia e a inovação; as políticas governamentais e regulamentações; e os efeitos da globalização e dos mercados internacionais.

### 2.3.4 Técnicas de previsão

Conceitualmente são técnicas baseadas em cálculos matemáticos ou estatísticos empregados sobre dados históricos e sobre parâmetros para estimar quantidades futuras.

#### 2.3.4.1 Técnicas Qualitativas:

As técnicas qualitativas dependem da experiência dos previsores e são indicadas para produtos sem base histórica disponível ou com amostragem reduzida, situações em que o julgamento humano é necessário. Por estarem sujeitas a vieses, são frequentemente utilizadas em conjunto com técnicas quantitativas. Entre as técnicas qualitativas, destacam-se: o método Delphi, baseado na consulta anônima e iterativa a especialistas até a obtenção de consenso; a opinião de especialistas do setor; a analogia histórica, que utiliza situações semelhantes do passado; as conferências de vendas; as pesquisas de mercado; as entrevistas estruturadas; e o brainstorming.

#### 2.3.4.2 Técnicas Quantitativas:

As técnicas quantitativas utilizam dados históricos para estimar valores futuros e subdividem-se em séries temporais e séries causais.

Séries temporais são conjuntos de dados coletados em intervalos regulares ao longo do tempo. A análise de séries temporais identifica padrões, tendências, sazonalidades e ciclos, com vistas a previsões. Entre os conceitos associados, destacam-se a tendência, a sazonalidade, os ciclos e o ruído. Entre os métodos, destacam-se a média móvel, a suavização exponencial e os modelos ARIMA. Apresentam-se a seguir fórmulas de previsão conforme Wanke e Julianelli (2006) e Ballou (2001).

- Média Móvel Simples (MMS): utiliza a média aritmética dos últimos  $n$  valores para prever o valor seguinte. Ver equação (17).

$$P_{t+1} = M_t = \frac{(R_t + R_{t-1} + R_{t-2} + \dots + R_{t-n+1})}{n} \quad (17)$$

$P_{t+1}$  = previsão para o próximo período;

$M_t$  = média móvel do período  $t$ ;

$R_t$  = valor real observado no período  $t$ ;

$n$  = número de períodos considerado na média móvel.

- Amortecimento Exponencial Simples (AES): difere no MMS pelo fato de ponderar os valores utilizados na previsão de acordo com o tempo, atribuindo maior peso para valores recentes considerando que estes são mais importantes na previsão. Ver equação (18).

$$P_{t+1} = \alpha R_t + (1 - \alpha) P_t \quad (18)$$

$P_{t+1}$  = previsão para o próximo período;

$\alpha$  = coeficiente de amortecimento ( $0 \leq \alpha \leq 1$ );

$R_t$  = valor real observado no período  $t$ ;

$P_t$  = previsão referente ao período  $t$ .

- Amortecimento Exponencial Duplo (método Holt): o método de Holt é utilizado para previsões que apresentam tendência. Neste modelo são definidos dois coeficientes de amortecimento, sendo um específico para ajustar a estimativa de tendência. Ver equações (19), (20) e (21).

$$N_t = \alpha R_t + (1 - \alpha) (N_{t-1} + T_{t-1}) \quad (19)$$

$$T_t = \beta (N_t - N_{t-1}) + (1 - \beta) T_{t-1} \quad (20)$$

$$P_{t+p} = N_t + pT_t \quad (21)$$

$N_t$  = componente nível;

$T_t$  = componente tendência;

$\alpha$  = coeficiente de amortecimento ( $0 \leq \alpha \leq 1$ );

$\beta$  = coeficiente de amortecimento para a estimativa de tendência ( $0 \leq \beta \leq 1$ );

$R_t$  = valor real observado no período  $t$ ;

$p$  = número de períodos futuros a serem previstos;

$P_{t+p}$  = previsão para o período  $t+p$ .

- Amortecimento Exponencial Triplo (Método de Winter): o método de Winter é utilizado para previsões que apresentam tendência e sazonalidade. Calcula-se o ajuste sazonal para cada período, ver equação (22):

$$S_t = \gamma \left( \frac{R_t}{N_t} \right) + (1 - \gamma) S_{t-c} \quad (22)$$

Calcula-se a tendência, ver equação (23).

$$T_t = \beta (N_t - N_{t-1}) + (1 - \beta) T_{t-1} \quad (23)$$

O cálculo de nível considera o ajuste sazonal da seguinte forma, ver equação (24):

$$N_t = \alpha \left( \frac{R_t}{S_{t-c}} \right) + (1 - \alpha) (N_{t-1} + T_{t-1}) \quad (24)$$

A previsão é calculada a partir da seguinte equação (25).

$$P_{t+p} = (N_t + pT_t) S_{t-c+p} \quad (25)$$

$N_t$  : componente nível;

$S_t$  : componente sazonal;

$T_t$  : componente tendência;

$\alpha$ : coeficiente de amortecimento ( $0 \leq \alpha \leq 1$ );

$\beta$ : coeficiente de amortecimento para a estimativa da tendência ( $0 \leq \beta \leq 1$ );

$\gamma$ : coeficiente de amortecimento para a estimativa da sazonalidade ( $0 \leq \gamma \leq 1$ );

$R_t$  : valor real observado no período  $t$ ;

$p$ : número de períodos futuros a serem previstos;

$P_{t+p}$  : previsão para o período  $t + p$ .

Já as séries causais são conjuntos de dados em que uma variável dependente é influenciada por uma ou mais variáveis independentes. Permitem analisar relações de causa e efeito e são aplicadas em diversas áreas. Entre as técnicas, destacam-se a regressão linear simples e múltipla, os modelos de equações estruturais, os modelos de equações estruturais bayesianos, os modelos VAR (*Vector Autoregression*), a análise de mediação, a análise de moderação, a análise de causalidade de redes e os modelos de aprendizado de máquina.

- Regressão Linear Simples e Múltipla: Esses modelos são usados para entender como uma variável dependente é afetada por uma ou mais variáveis independentes. Eles quantificam a relação linear entre as variáveis e são amplamente utilizados em análises causais. Na equação (26) temos a formula da regressão linear simples.

$$y = b_0 + b_1x + e \quad (26)$$

$y$ : variável dependente (ou resposta) – variável aleatória;

$x$ : variável preditora – variável controlada (não aleatória);

$b_0$ : parâmetro - intercepto – constante desconhecida

$b_1$ : parâmetro - inclinação – constante desconhecida

$e$ : erro aleatório.

Se há  $n$  pares de dados  $(y_1, x_1), (y_n, x_n)$  é possível estimar os parâmetros  $b_0$  e  $b_1$ , o método mais comumente usado é o método dos mínimos quadrados.

Na equação (27) temos a formula da regressão linear múltipla.

$$y = b_0 + b_1x_1, b_2x_2, b_3x_3, \dots, b_kx_k + e \quad (27)$$

$y$ : variável dependente (ou resposta);

$b_0$ : intercepto;

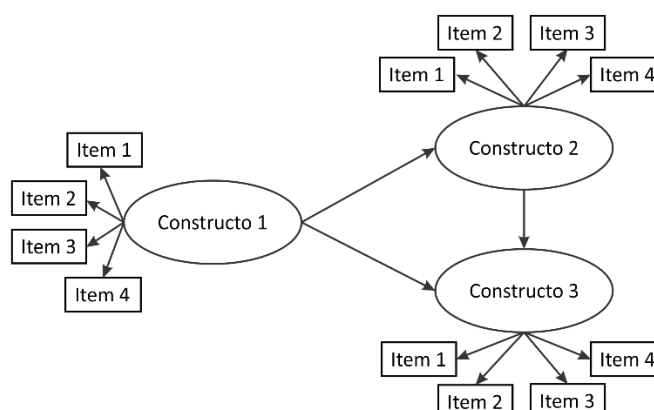
$b_1, b_2, \dots, b_k$ : parâmetros do modelo;

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_k$ : variáveis independentes (ou preditores, ou regressores ou variáveis explicativas);

$e$ : erro aleatório.

- Modelos de Equações Estruturais Simples: Permitem analisar relações de causa e efeito entre variáveis em um modelo mais complexo, incluindo variáveis latentes não observadas. São úteis para explorar relações diretas e indiretas entre variáveis. Ver Quadro 5.

Quadro 5 - Modelo de equações Estruturais



Fonte: adaptado de Wanke e Julianelli (2006).

- Modelos de Equações Estruturais Bayesianas: Combinam a modelagem de equações estruturais com a inferência bayesiana. Permitem lidar com incertezas nos dados e capturar relações causais em modelos mais complexos.
- Modelos VAR (*Vector Autoregression*): São utilizados em análise de séries temporais para entender as dinâmicas de interação entre várias variáveis ao longo do tempo. São especialmente úteis para investigar relações causais entre variáveis econômicas, financeiras ou de mercado.
- Análise de Mediação: Investigam se uma variável intermediária (mediadora) explica a relação entre uma variável independente e uma variável dependente.
- Análise de Moderador: Verificam se um fator modera a relação entre duas variáveis, ou seja, se o efeito de uma variável independente sobre a variável dependente varia conforme o nível de outra variável.
- Análise de Causalidade de Redes: Essa abordagem visualiza relações causais entre variáveis em forma de rede. Ajuda a entender a estrutura causal de um sistema e identificar variáveis-chave que influenciam outras variáveis no sistema.
- Modelos de Aprendizado de Máquina (*Machine Learning*): Algoritmos de aprendizado de máquina, como árvores de decisão, redes neurais e algoritmos de regressão avançados, podem ser utilizados para identificar padrões complexos e relações causais em grandes conjuntos de dados.

### 2.3.5 Erros de previsão

A diferença entre valores previstos e realizados é inevitável. A avaliação de métricas de erro permite ajustar modelos e reduzir impactos nas operações. Eis algumas das principais métricas e técnicas de avaliação de erros de previsão:

#### 2.3.5.1 Erro Médio Absoluto (MAE - *Mean Absolute Error*):

O MAE é calculado como a média das diferenças absolutas entre os valores previstos e os valores reais. Ele fornece uma medida da magnitude média dos erros de previsão. Ver equação (28).

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i| \quad (28)$$

#### 2.3.5.2 Erro Médio Percentual Absoluto (MAPE - *Mean Absolute Percentual Error*):

O MAPE é calculado como a média das diferenças percentuais absolutas entre os valores previstos e os valores reais, normalizados pelos valores reais. Ele fornece uma medida do erro relativo em relação ao tamanho dos valores reais. Ver equação (29).

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \times 100\% \quad (29)$$

#### 2.3.5.3 Erro Médio Quadrático (MSE - *Mean Squared Error*):

O MSE é calculado como a média dos quadrados das diferenças entre os valores previstos e os valores reais. Ele penaliza mais fortemente grandes erros em comparação com o MAE. Ver equação (30).

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (30)$$

#### 2.3.5.4 Raiz do Erro Médio Quadrático (RMSE - *Root Mean Squared Error*):

O RMSE é a raiz quadrada do MSE e fornece uma medida do erro médio em termos das unidades da variável original, facilitando a interpretação. Ver equação (31).

$$RMSE = \sqrt{MSE} \quad (31)$$

## 2.4 MAPEAMENTO DE PROCESSOS

O mapeamento de processos é uma técnica de representação gráfica dos processos de uma organização. Envolve a criação de modelos que descrevem atividades, tarefas, fluxos de trabalho e interações, facilitando a compreensão, a análise e a melhoria dos processos. Contribui para identificar ineficiências, gargalos e redundâncias. Constituem objetivos do mapeamento de processos documentar, analisar, padronizar, comunicar, fomentar a melhoria contínua e automatizar processos.

- Documentar: Consiste em registrar de forma detalhada os aspectos de um processo, incluindo atividades, tarefas, fluxos, interações, entradas, saídas e responsáveis, de modo a torná-lo compreensível e replicável.
- Analisar: Consiste em examinar os processos para compreender seu funcionamento, identificar problemas, ineficiências e oportunidades de melhoria, e alinhá-los aos objetivos estratégicos da organização.
- Padronizar: Consiste na criação e implementação de práticas e procedimentos consistentes, executados de maneira uniforme pela organização, reduzindo a

variabilidade e melhorando a qualidade dos resultados. A documentação por guias e manuais é uma das formas de padronização.

- Comunicar: Consiste em compartilhar informações claras sobre os processos, incluindo seu funcionamento, responsáveis e objetivos, de modo que os envolvidos compreendam e sigam os procedimentos.
- Melhoria contínua: Consiste na avaliação e no aprimoramento permanentes dos processos, com o objetivo de aumentar sua eficiência, eficácia e adaptabilidade. Essa sistemática está alinhada à concepção de gerenciamento da rotina apresentada por Falconi (2013), na qual o acompanhamento dos resultados e o tratamento das anomalias constituem elementos necessários à manutenção e à melhoria do desempenho dos processos. Aguiar (2006) apresenta o PDCA associado à utilização estruturada de ferramentas da qualidade para solução de problemas e alcance de metas, reforçando a necessidade de utilizar os resultados da verificação como base para a definição das ações subsequentes.
- Automação: Consiste no uso de tecnologia para executar tarefas de forma automática, reduzindo a intervenção humana e os erros, e acelerando a execução. Entre as ferramentas de automação, destaca-se o *Business Process Management* (BPM), software que apoia a modelagem, a automação, o monitoramento e a otimização de processos.

Considerando a melhoria dos processos, Falconi (2013) apresenta o PDCA como método de gerenciamento aplicável à rotina das organizações, contemplando o acompanhamento dos resultados, a identificação de anomalias e a atuação sobre os desvios observados.

Os autores Flores *et al* (2022), utilizaram-se de ferramentas Lean para otimizar o modelo de gestão de armazéns de distribuição de PMEs. Ferramentas como: ABC multicritério, 5S, Kardex e padronização do trabalho juntamente com a metodologia BPM foram utilizadas com sucesso para conseguir um aumento de 12% no indicador de pedidos totalmente entregues. Ainda, entender as ligações interdepartamentais, escopo da organização e seus objetivos são os principais objetivos do mapeamento de processos, o BPM é uma ferramenta funcional para mapear e clarear os processos de uma organização.

Em relação ao mapeamento dos processos Sartori *et al.* (2019) indicam que a modelagem de processos, fundamentada na filosofia Lean, é utilizada em centros de distribuição para otimizar leiautes, reduzir lead times e identificar localizações adequadas.

O mapeamento dos processos constitui uma etapa fundamental para a definição da política de gestão de estoques, pois permite compreender como as informações, materiais e decisões circulam entre as áreas envolvidas no abastecimento e atendimento do Centro de Distribuição. O mapeamento de processos não constitui objeto central deste trabalho, mas integra a definição da política de gestão de estoques. Assim, a política proposta não é definida de forma isolada, mas resulta da compreensão do processo existente e da identificação das mudanças necessárias para torná-lo mais padronizado, integrado e orientado aos objetivos de desempenho estabelecidos. O mapeamento dos processos é tratado de forma instrumental, como apoio ao diagnóstico do processo atual e à descrição do processo proposto.

### 3 MÉTODO

Este capítulo apresenta o método adotado para a proposição de uma política de gestão de estoques para o centro de distribuição (CD) da empresa estudada. Apresentam-se, inicialmente, a classificação da pesquisa e, em seguida, o método de trabalho, organizado em etapas que combinam o diagnóstico do processo atual, a formulação do modelo, a avaliação de seus resultados por simulação e a definição de um roteiro de implementação.

#### 3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Quanto à natureza, esta pesquisa classifica-se como aplicada, por buscar gerar conhecimento dirigido à solução de um problema identificado em uma organização. Quanto aos objetivos, caracteriza-se como descritiva e propositiva: descreve o processo de gestão de estoques vigente no CD e propõe um novo processo. Quanto à abordagem, é quali-quantitativa — qualitativa no diagnóstico e no mapeamento de processos, e quantitativa na análise de demanda, no dimensionamento de parâmetros e na avaliação de indicadores.

Quanto aos procedimentos, adota-se o estudo de caso único, complementado por modelagem e simulação. O estudo de caso justifica-se por se tratar da investigação de um fenômeno contemporâneo em seu contexto real (Yin, 2015), no qual o pesquisador possui acesso e conhecimento aprofundado da operação. A modelagem e a simulação são empregadas para representar o comportamento do sistema de estoques sob a política proposta e avaliar seus resultados a partir de dados históricos.

A concepção inicial do trabalho previa a implantação, ainda que parcial, da política proposta na empresa. Em razão de restrições operacionais e da definição de outras prioridades pela organização, o escopo foi delimitado à proposição da política e à sua avaliação por simulação retrospectiva. Nessa abordagem, o modelo é aplicado aos dados históricos do período de 2024 e 2025 e seus resultados são comparados ao desempenho efetivamente observado no mesmo período, o que permite estimar o efeito da política sem a sua execução em campo. A implantação permanece como etapa subsequente, descrita na forma de um roteiro de implementação em três fases (seção 3.2.4).

O pesquisador participou da identificação do problema e do desenvolvimento da proposta, condição compatível com o estudo de caso conduzido por pesquisador com conhecimento do ambiente organizacional. A delimitação do escopo à proposição e à avaliação por simulação, sem a etapa de intervenção, distingue este trabalho de uma pesquisa-ação, cujo desenho pressupõe a execução das ações planejadas e a observação de seus efeitos no contexto real (Thiollent, 2005).

### 3.2 MÉTODO DE TRABALHO

O método de trabalho está estruturado segundo a lógica do ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), utilizado como referência para a organização das etapas. Este trabalho desenvolve integralmente a etapa de planejamento (*Plan*), que compreende o diagnóstico do processo atual, a identificação de problemas e a formulação do modelo. As etapas de execução, verificação e ação (*Do, Check e Act*) são tratadas de duas formas: a verificação é antecipada por meio da avaliação do modelo por simulação retrospectiva, com dados históricos; e a execução e a ação são apresentadas na forma de um roteiro de implementação, a ser conduzido pela empresa em etapa posterior.

#### 3.2.1 Planejamento

A etapa de planejamento desta pesquisa compreende a análise do processo atual, a identificação dos pontos críticos, a definição dos resultados esperados e a formulação da política de gestão de estoques.

Inicialmente, realiza-se o diagnóstico do processo atual por meio de observação direta, análise de dados e entrevistas com os setores envolvidos, permitindo mapear o fluxo de informações, produtos e responsabilidades e identificar os controles atualmente utilizados na operação do Centro de Distribuição (CD). A partir desse diagnóstico, são identificados os pontos frágeis que representam riscos à operação e cuja correção apresenta potencial para contribuir para os objetivos estabelecidos pela organização. Os resultados esperados são

posteriormente traduzidos em indicadores de desempenho, possibilitando o acompanhamento dos efeitos da política proposta durante e após sua implementação.

### 3.2.2 Formulação do modelo

#### 3.2.2.1 Definição da política de estoques

A formulação da política de estoques é realizada em conjunto com a alta direção da empresa, considerando os objetivos estratégicos e as restrições operacionais do CD. Foram observados os indicadores atuais e estabelecidos percentuais de desafios para melhoria do processo em questão. Foram estabelecidos os seguintes desafios pela alta direção da empresa:

- Aumentar o nível de serviço dos atuais 91,53% para 95%;
- Aumentar o faturamento por metro quadrado na ordem de 10%;
- Aumentar o giro de estoques na ordem de 10%;
- Reduzir o custo operacional por metro quadrado na ordem de 7%;
- Manter o índice de ruptura de estoques abaixo de 5%;
- Aumentar a precisão de inventário dos atuais 96,7% para 98%.

Para avaliar os resultados da política proposta, são adotados como indicadores de referência o nível de serviço, o faturamento por metro quadrado, o giro de estoques e o custo operacional por metro quadrado, os quais permitem analisar, de forma integrada, as dimensões de atendimento ao cliente, eficiência dos estoques e utilização econômica do espaço físico.

- Nível de serviço será medido pelo seguinte indicador:

*On-Time Delivery* (OTD): Percentual de entregas realizadas no prazo prometido, conforme equação (12). Este indicador já está estruturado e é monitorado pela empresa.

$$OTD (\%) = \left( \frac{\text{Número de Entregas Realizadas no Prazo}}{\text{Número Total de Entregas}} \right) \times 100$$

O OTD é adotado como indicador único de nível de serviço por representar de maneira direta a capacidade da empresa de disponibilizar os produtos no prazo estabelecido, além de possibilitar uma comparação consistente entre diferentes cenários de política de estoques. Sua utilização permite, portanto, avaliar os impactos das alternativas propostas sobre o desempenho do atendimento ao cliente, mantendo a análise alinhada ao objetivo central da pesquisa e evitando a utilização de indicadores que possam introduzir dimensões não contempladas no escopo do estudo.

- Faturamento por metro quadrado, conforme equação (32).

$$\frac{\text{Faturamento Mensal R\$}}{\text{Capacidade de armazenamento do CD m}^2} \quad (32)$$

O indicador de faturamento por metro quadrado (R\$/m<sup>2</sup>) é utilizado como medida complementar de desempenho econômico-operacional, por permitir relacionar o faturamento obtido pela organização com a área física utilizada em suas operações. A adoção desse indicador é particularmente relevante no contexto estudado, uma vez que a gestão de estoques está diretamente relacionada à utilização do espaço disponível para armazenagem e movimentação de materiais. Essa análise é importante porque o espaço físico constitui um recurso limitado e, conseqüentemente, sua utilização eficiente pode contribuir para a competitividade e para a capacidade de expansão das operações sem a necessidade imediata de investimentos adicionais em área.

- Giro de estoques. Ver equação (6).

$$\text{Giro de Estoque} = \frac{\text{Vendas Totais}}{\text{Estoque Médio}}$$

*Vendas Totais* = volume de vendas totais (do período a ser avaliado)

*Estoque Médio* = estoque inicial + estoque final / 2 (do período a ser avaliado)

A utilização do giro de estoques é particularmente relevante para esta pesquisa, uma vez que a definição de uma política de estoques envolve o estabelecimento de parâmetros capazes de proporcionar o equilíbrio entre disponibilidade de produtos e quantidade de recursos mantidos em estoque. Estoques excessivamente elevados podem representar capital imobilizado, maior necessidade de espaço físico e aumento dos custos associados à

armazenagem, enquanto níveis excessivamente reduzidos podem elevar o risco de rupturas e comprometer o atendimento aos clientes.

Assim, o giro de estoques é adotado como indicador de desempenho por possibilitar a avaliação da eficiência da política proposta quanto à utilização dos estoques, contribuindo para verificar se os parâmetros definidos permitem reduzir estoques excessivos e, simultaneamente, preservar a capacidade de atendimento da demanda. Sua análise conjunta com o OTD e o faturamento por metro quadrado permite uma avaliação mais abrangente dos resultados da política de gestão de estoques, contemplando as dimensões de eficiência dos estoques, nível de serviço e aproveitamento econômico do espaço físico.

- Custo operacional por metro quadrado, conforme equação (33):

$$\frac{\text{Custo operacional Total} + \text{frete R\$}}{\text{Faturamento do CD m}^2} \quad (33)$$

A manutenção de níveis elevados de estoque pode aumentar a necessidade de utilização da infraestrutura física e, conseqüentemente, os recursos necessários para sua operação. Dessa forma, a análise do custo operacional por metro quadrado possibilita avaliar os impactos econômicos associados à utilização do espaço e verificar se alterações na política de estoques contribuem para uma utilização mais eficiente da estrutura disponível.

O indicador também permite complementar a análise do faturamento por metro quadrado. Enquanto o faturamento por metro quadrado representa a capacidade de geração de receita em relação à área utilizada, o custo operacional por metro quadrado evidencia os recursos consumidos para manter essa estrutura em funcionamento. A análise conjunta desses indicadores possibilita avaliar não apenas a capacidade de geração de resultados, mas também o custo associado à utilização do espaço físico.

### 3.2.2.2 Definição de espaço físico

Conforme a alta direção, não constitui objetivo da empresa ampliar o tamanho atual do CD. Busca-se otimizar o uso do CD para ampliar a gama de clientes e itens atendidos no mesmo espaço físico. Para tanto devemos considerar um limite finito nos nossos cálculos. Antes de ampliar fisicamente a capacidade, torna-se necessário verificar se a capacidade existente está

sendo utilizada de maneira eficiente e se os níveis de estoque são compatíveis com a demanda e com o nível de serviço requerido.

A adoção de um sistema de controle eletrônico da capacidade de armazenamento constitui uma alternativa de caráter gerencial e tecnológico para melhorar o aproveitamento da estrutura existente. O controle eletrônico permite acompanhar continuamente a ocupação do CD, relacionando a capacidade disponível com o volume de estoque armazenado e possibilitando a identificação antecipada de situações de saturação. Considera-se, portanto, um limite finito de capacidade nos cálculos, e a distribuição adequada do espaço entre os clientes integra o escopo do trabalho.

#### 3.2.2.3 Relação de produtos candidatos para o CD

A definição dos itens atendidos pelo CD constitui decisão estratégica da área comercial e não integra o escopo deste trabalho. Para a avaliação do modelo, selecionam-se os dez itens de maior faturamento no período analisado, sobre os quais são aplicados os cálculos da política proposta.

#### 3.2.2.4 Análise de demanda

A análise de demanda e de variabilidade é realizada de forma estatística, a partir de séries históricas. O mercado estudado apresenta sazonalidade nos produtos, que é considerada na análise. Observa-se que os produtos comercializados pelo CD possuem ciclo de vida relativamente curto, o que reduz a extensão das séries históricas disponíveis; o período da pandemia (2020 e 2021) é descartado da análise por introduzir distorções nos dados. Após análise primária dos dados, devido ao curto ciclo de vida dos produtos e por apresentar descontinuidades de itens e itens novos no CD, serão considerados para fins estatísticos os dados de 2024 e 2025. Dados de origem qualitativa, provenientes da força de vendas ou dos clientes, também são considerados, em razão do curto ciclo de vida dos produtos e da inclusão de novos itens.

Entre as abordagens de previsão de demanda, optou-se por não utilizar modelos causais, priorizando métodos baseados em séries temporais. A decisão fundamenta-se nas limitações práticas de aplicação de modelos causais em centros de distribuição, como a dificuldade de obtenção de variáveis explicativas confiáveis e o custo de manutenção e atualização desses modelos, além da contribuição limitada desses modelos em produtos com demanda irregular, característica do caso estudado.

### 3.2.2.5 Análise de produção

Adota-se o conceito de lead time total, composto pelo lead time do item, conforme o roteiro de produção, e pelo tempo de resposta do recurso gargalo desse roteiro. Para considerar a variação sazonal, esses dados são capturados a cada novo cálculo do modelo.

### 3.2.2.6 Cálculo dos parâmetros

Para cada item selecionado, calculam-se o ponto de pedido, o estoque de segurança e o lote econômico de produção.

- Ponto de Pedido (PP), ver equação (3):

$$PP = Dm * TR + ES$$

$Dm$  = demanda média diária

$TR$  = tempo de reposição

$ES$  = estoque de segurança

- Estoque de Segurança (ES). Ver equação (2):

$$\text{Estoque de Segurança} = Z * \sqrt{\sigma_D^2 \times TR + \sigma_{TR}^2 \times \bar{D}^2}$$

$Z$  = fator de confiança

$\sigma_D$  = desvio padrão da demanda

$TR$  = tempo de reposição

$\sigma_{TR}$  = desvio padrão tempo de reposição

$D$  = demanda

- Lote Econômico de Produção (EOQ), usamos a fórmula (4):

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times D \times S}{H \times \left(1 - \frac{d}{p}\right)}}$$

$D$  = demanda anual

$S$  = custo de setup por lote

$H$  = custo de manutenção de estoque por unidade por ano

$d$  = taxa de demanda durante a produção

$p$  = taxa de produção

### 3.2.2.7 Definição do modelo proposto

A partir dos resultados obtidos nas etapas anteriores, define-se o modelo proposto para a gestão de estoques no Centro de Distribuição, consolidando os parâmetros, critérios e procedimentos necessários para orientar o processo de reposição dos itens analisados.

Para isso, elabora-se um novo fluxo de informações, produtos e responsabilidades, estabelecendo as principais etapas do processo, desde a identificação da necessidade de reposição até o recebimento, armazenamento e disponibilização dos produtos. O fluxo proposto busca eliminar atividades que não agregam valor, reduzir possíveis duplicidades de informação e estabelecer de forma clara a responsabilidade de cada área envolvida no processo, permitindo padronizar o modelo e possibilitar sua replicação para os demais itens do CD.

### 3.2.3 Avaliação por simulação retrospectiva

A avaliação do modelo é realizada por simulação retrospectiva, na qual a política proposta é aplicada aos dados históricos do período de 2024 e 2025 referentes aos itens selecionados. Para cada item, reproduzem-se os cálculos diários de necessidade de reposição e calculam-se os indicadores resultantes, que são comparados ao desempenho observado no mesmo período. Essa abordagem permite estimar o efeito da política sem a sua execução em campo.

Os indicadores de avaliação são organizados em indicadores econômicos e indicadores logísticos. Os indicadores econômicos compreendem o faturamento por metro quadrado (equação (32)), o giro de estoque (equação (6)) e o custo operacional por metro quadrado (equação (33)). Os indicadores logísticos compreendem o nível de serviço, medido pelo OTD (equação (12)), a taxa de ruptura de estoque (equação (9)) e a precisão do inventário (equação (11)).

Os critérios de referência adotados para a avaliação são: incremento mínimo de 10% no faturamento por metro quadrado; aumento mínimo de 10% no giro de estoque; redução mínima de 7% no custo operacional por metro quadrado; nível de serviço mínimo de 95%; taxa de ruptura inferior a 5%; e precisão do inventário superior a 98%. Esses critérios foram estabelecidos como metas da empresa; sua consistência é discutida no Capítulo 5, à luz dos resultados da simulação.

#### **3.2.4 Roteiro de implementação**

A implementação da política proposta na empresa é descrita na forma de um roteiro em três fases, de modo a permitir que o modelo adquira maturidade e que as áreas envolvidas adquiram confiança no sistema antes da transferência completa da gestão dos estoques. As fases são detalhadas na seção 4.2.7. A estrutura de implementação está associada à lógica do ciclo PDCA, utilizado como mecanismo de planejamento, execução, verificação e ação corretiva. O ciclo permite que a política de estoques seja tratada como um processo contínuo, no qual os resultados obtidos durante a operação são comparados com os objetivos estabelecidos e utilizados para promover ajustes e melhorias.

## 4 APLICAÇÃO DO MÉTODO

Este capítulo apresenta a aplicação do método ao caso estudado. Descrevem-se o diagnóstico do processo atual, a identificação de problemas, a formulação do modelo proposto e o roteiro de implementação. A empresa estudada atua no segmento de embalagens de papelão ondulado e mantém um centro de distribuição responsável, em média, por 12% do faturamento bruto da organização. O trabalho associa-se à ação do planejamento estratégico da empresa de ampliar a retenção de clientes de alta rentabilidade por meio do uso do CD.

### 4.1 DIAGNÓSTICO

Identificou-se a oportunidade de aprimorar o processo de controle de estoques do CD. Dois requisitos orientam o trabalho: a previsão de demanda, que varia entre itens e clientes e cujo objetivo é aumentar o nível de serviço; e a conciliação do ponto de pedido com o planejamento e programação da produção, dado que a disponibilidade produtiva apresenta variação ao longo do ano. Esta relação entre ponto de pedido atual e disponibilidade de recursos praticamente inexistente no modelo atual, fazendo com que pedidos para reposição de estoques do CD sejam atravessados na programação da fábrica, causando retrabalhos e até mesmo comprometendo nível de serviço de outros clientes. Na definição da previsão de demanda, utilizam-se dados históricos de 2024 e 2025 e técnicas estatísticas consolidadas, com revisão periódica mensal e possibilidade de ajustes pela equipe de vendas. Diferentes técnicas de previsão são testadas, e os resultados são avaliados pelo erro de previsão associado a cada modelo. O dimensionamento do lote econômico de produção e do ponto de pedido utiliza dados de processo produtivo, de vendas e de custo logístico. O estudo limita-se aos dez itens de maior faturamento do CD.

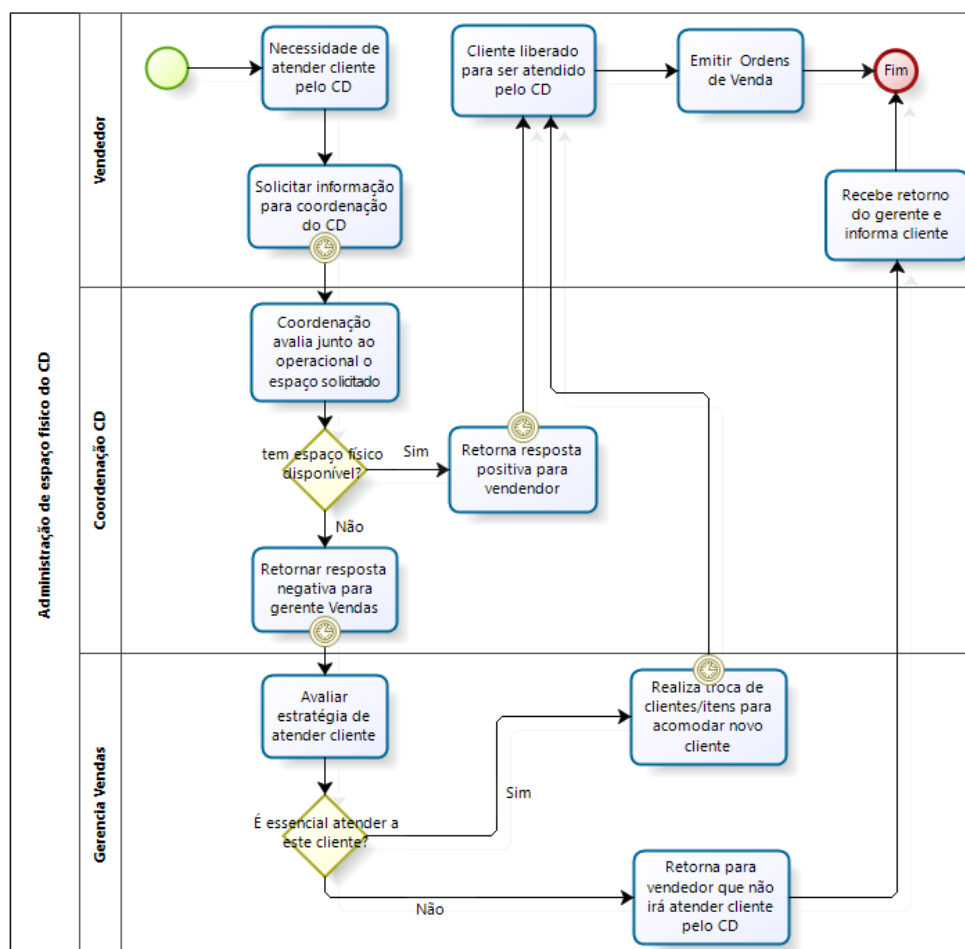
#### 4.1.1 Análise do processo atual

A gestão do CD baseia-se em quatro macroprocessos: a administração de espaço, a geração de ordens de venda, o controle de estoques e a entrega.

- **Administração de espaço do CD:** processo sob responsabilidade da coordenação do CD; o controle de espaço é realizado de forma empírica, sem métrica quantitativa estabelecida.
- **Geração de ordens de venda:** por se tratar de processo MTO, cada ordem de venda registrada gera uma ordem de produção com idêntica quantidade e data de entrega.
- **Controle de estoques:** realizado pela área de vendas, em planilhas eletrônicas, com entrada e saída manual de dados de previsão de demanda, movimentação de estoque e ordens emitidas; parte dos dados provém do sistema de gestão de produção e parte do ERP.
- **Entrega:** a partir de uma solicitação do cliente, o vendedor emite a ordem de expedição, encaminhada ao PCP para avaliação de saldo em estoque ou necessidade de produção; havendo necessidade, o item é produzido e despachado ao CD, de onde é entregue ao cliente.

O mapeamento do processo atual é apresentado nas Figuras 11 a 14. A Figura 8 representa a administração de espaço; a Figura 9, a emissão de ordens de venda e de produção; a Figura 10, o controle de estoques; e a Figura 11, a entrega a partir do CD.

Figura 8 - Processo atual de administração de espaço do CD

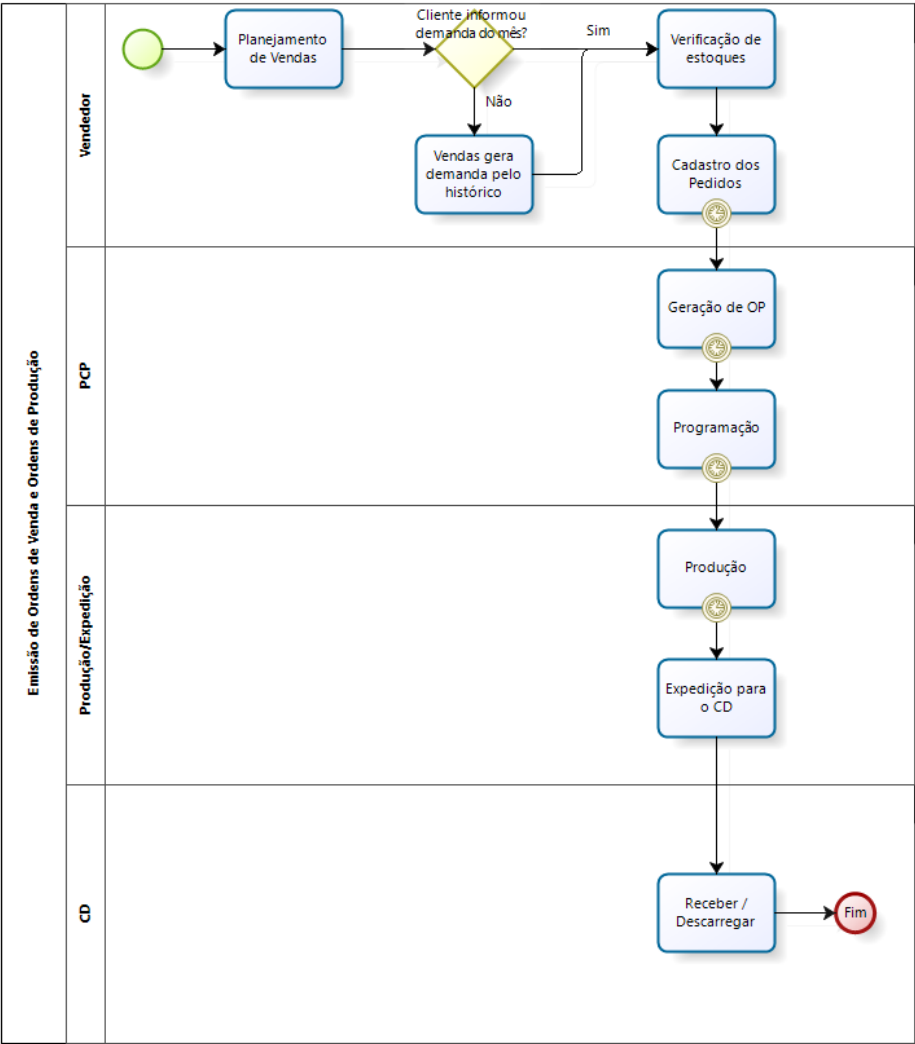


Fonte: elaborado pelo autor (2026)

O processo da Figura 8 inicia com a necessidade do vendedor de incluir novo item ou cliente para atendimento via CD, esta necessidade é submetida ao coordenador do CD que mediante expertise e conhecimento dos volumes atuais de estoque aprova ou não a inclusão de novo item/cliente. Se aprovada retorna informação ao vendedor e este já inicia o processo de fornecimento ao cliente via CD. Se não aprovada, é submetida ao gerente de vendas que optará por atender ou não o cliente, retornando à informação para o vendedor.

Observar que na Figura 9, o processo é MTO, logo cada OV cadastrada gera uma OP.

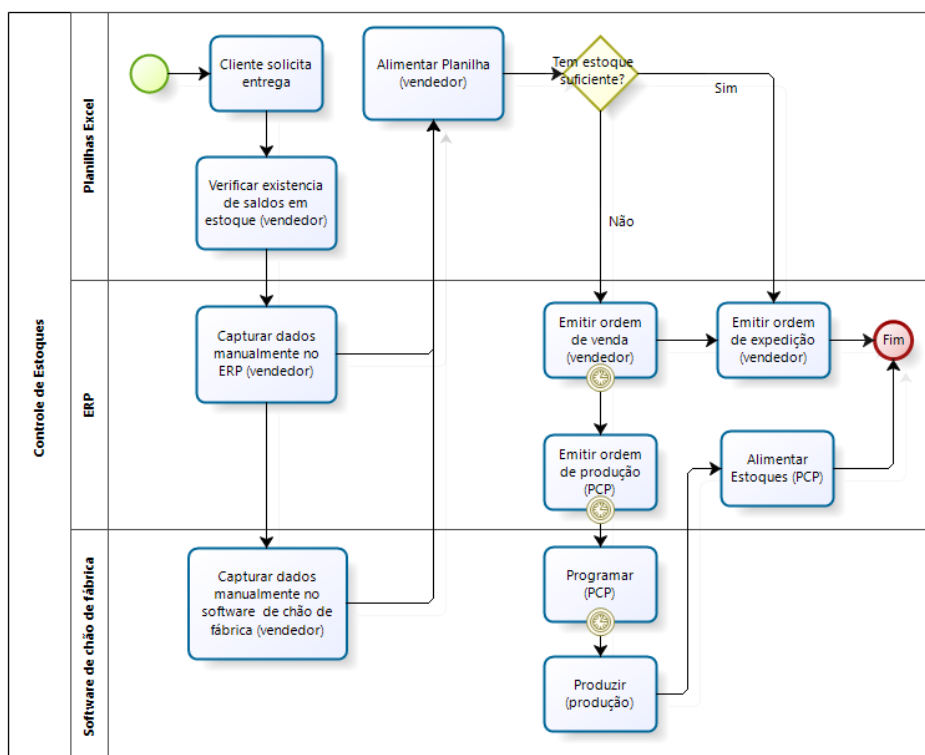
Figura 9 - Processo atual de emissão de Ordens de Venda e Ordens de Produção do CD



Fonte: elaborado pelo autor (2026)

Neste processo o vendedor verifica se há necessidade de repor os estoques para o próximo período. Se houver necessidade, emite ordem venda, esta por sua vez gera ordem de produção. PCP programa, produção produz e expedição faz a entrega no CD, onde a mercadoria fica armazenada até que o vendedor receba solicitação de entrega explícita do cliente.

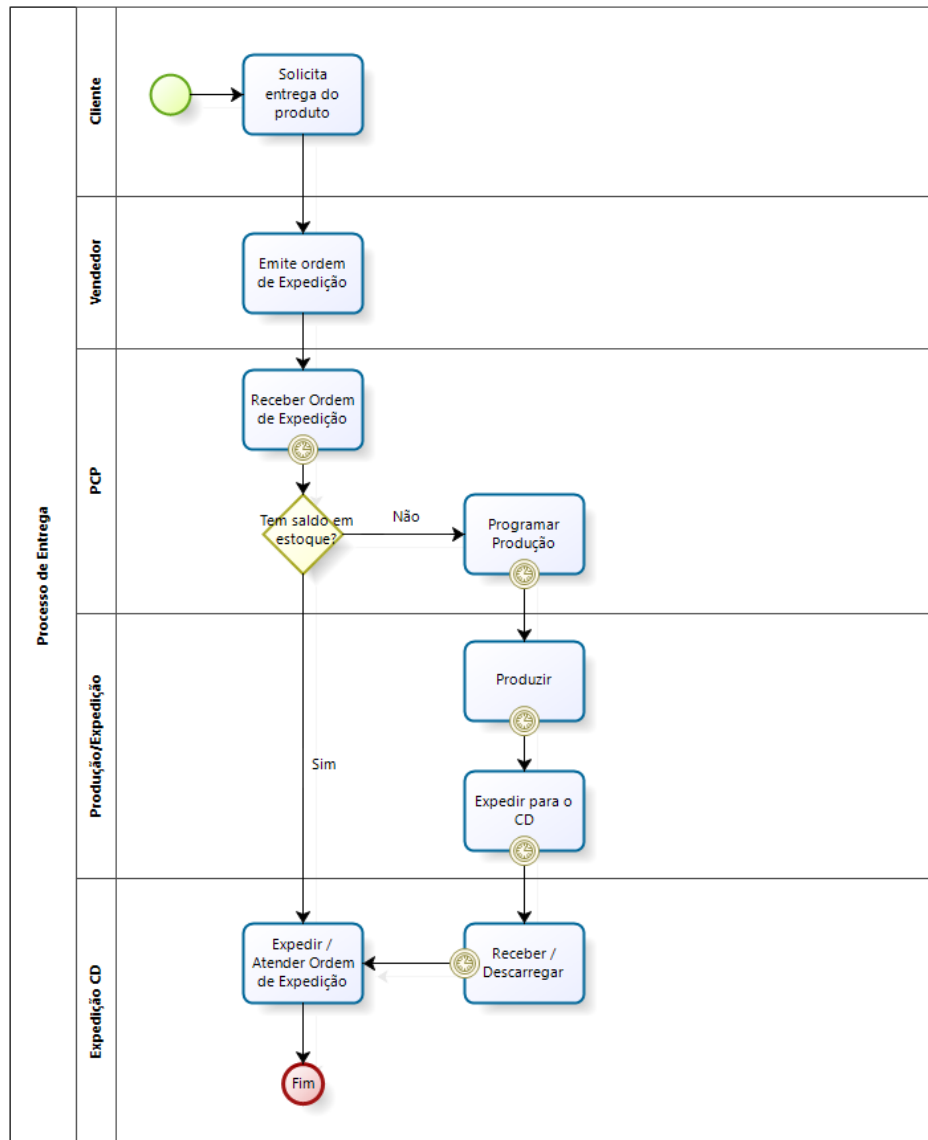
Figura 10 - Processo atual de controle de estoques do CD



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Na Figura 10 temos o processo atual de controle de estoques do CD, inicia com o cliente solicitando a entrega, neste momento o vendedor verifica existência de estoques, faz a atualização da planilha com dados capturados do ERP e software de chão de fábrica. Existindo estoque suficiente, emite a ordem de expedição. Se não existir estoque, ele emite ordem de venda e esta vai gerar ordem de produção. PCP programa, Produção produz, expedição entrega no CD e os estoques são alimentados.

Figura 11 - Processo atual de entrega a partir do CD



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Dando sequência ao processo de solicitação de entrega por parte do cliente, na Figura 11 temos o fluxo físico das mercadorias. Cliente solicita, vendas emite a ordem de expedição e PCP verifica existência de saldos em estoque (*double-check*), existindo saldo, a expedição do CD realizará a entrega do produto conforme quantidade e data solicitada. Não havendo saldo, o PCP programa a produção, produção produz e expedição entrega no CD. Expedição do CD recebe a mercadoria e irá realizar a entrega conforme data e quantidade solicitada.

#### 4.1.2 Identificação de problemas

No processo do CD, utilizam-se dois tipos de previsão de demanda: a originada pelos clientes e a originada pela área de vendas da empresa. A previsão originada pelos clientes apresenta limitações, pois, como estes não respondem pelo estoque, emitem programações de pedidos estendidas que nem sempre se concretizam em retiradas, o que resulta em estoques inativos por períodos prolongados, com risco de obsolescência e custo de manutenção. O modelo VMI não se mostra adequado a esse mercado, pois exige um nível de compartilhamento de informações que não é usual no segmento, considerando que o papelão ondulado é tratado como commodity.

A previsão originada pela área de vendas, associada ao controle manual em planilhas eletrônicas, contribui para a ocorrência de estoques elevados ou de rupturas, ora por falha/erro na alimentação das planilhas, ora por tempestividade de atualização das planilhas e até mesmo por esquecimento de atualização, uma vez que os dados são capturados de forma manual e em softwares distintos. A Figura 10 evidencia um processo de controle integralmente manual, sujeito a erros de alimentação de dados e a atrasos de informação.

O controle dos estoques do CD é conduzido pela área de vendas: identificaram-se oito vendedores responsáveis pela gestão dos estoques de suas carteiras, 33 clientes atendidos e 380 itens em estoque no CD. A atribuição do controle de estoques à área de vendas configura conflito de interesse (maior nível de estoque para não existir rupturas de estoques, desprezando os custos da manutenção destes estoques), prática não recomendada na literatura de gestão de estoques. Waters (2003) destaca que diferentes áreas da organização apresentam objetivos distintos em relação aos estoques, sendo comum que a área de Marketing ou Vendas busque níveis elevados de disponibilidade para atender rapidamente aos clientes, enquanto outras funções procuram limitar os estoques em razão dos custos e do capital imobilizado. Vries (2020) compartilha de mesma linha de raciocínio pois os interesses das áreas sobre o equilíbrio dos estoques são distintos.

### **4.1.3 Definição dos resultados esperados**

O resultado esperado é um sistema de controle de estoques que reduza os processos manuais em planilhas eletrônicas, libere recursos para atividades de maior valor agregado, mantenha o nível de serviço ao cliente e atenda às necessidades da empresa com o menor custo. Essas melhorias possibilitam ampliar o uso do CD, atendendo a um número maior de clientes no mesmo espaço físico.

## **4.2 FORMULAÇÃO DO MODELO**

### **4.2.1 Definição da política de estoque**

A partir dos dados do período analisado, foram calculados os valores atuais dos indicadores de referência. O nível de serviço, medido pelo OTD (equação (12)), é de 91,53%. O faturamento por metro quadrado (equação (32)) é de R\$ 824,60, o que estabelece como meta o valor de R\$ 907,06, correspondente a um incremento de 10%. O giro de estoque (equação (6)) é de 2,95 giros mensais, com meta de 3,25 giros mensais. O custo operacional por metro quadrado (equação (33)) é de R\$ 0,09952, com meta de R\$ 0,09255, correspondente a uma redução de 7%. Em relação ao indicador de taxa de ruptura (equação (9)) não foram encontrados dados históricos para análise, pois, este indicador não era controlado, partiremos do número de 5% como referência para o indicador. A precisão do inventário (equação (11)) atual é de 96,7% e a meta 98%, necessário agregar 1,3% pontos percentuais.

### **4.2.2 Definição de espaço físico**

O modelo contempla o cadastro do espaço físico disponível do CD, distribuído entre clientes e itens conforme os volumes a serem estocados. O CD possui área construída de 10.000

m<sup>2</sup>; descontadas as áreas administrativas, docas, corredores e áreas de manobra, restam 4.000 m<sup>2</sup> de área de armazenamento, correspondentes a uma capacidade volumétrica líquida de 17.000 m<sup>3</sup>. Considera-se que a ocupação de 100% da capacidade é impraticável; historicamente, os estoques atingem o limite operacional em torno de 80% da capacidade, percentual acima do qual o risco operacional torna a operação inviável.

#### 4.2.3 Relação dos produtos candidatos ao CD.

Foram selecionados os dez itens de maior representatividade no faturamento, apresentados na Figura 12, que correspondem a 21% do faturamento total do CD.

Figura 12 - Itens selecionados para simulação da solução

| Item   | Representatividade |
|--------|--------------------|
| 543703 | 4,25%              |
| 739462 | 3,56%              |
| 546815 | 3,00%              |
| 652808 | 1,63%              |
| 429819 | 1,53%              |
| 606822 | 1,53%              |
| 488458 | 1,51%              |
| 722037 | 1,42%              |
| 295454 | 1,30%              |
| 272614 | 1,22%              |

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

#### 4.2.4 Análise da demanda.

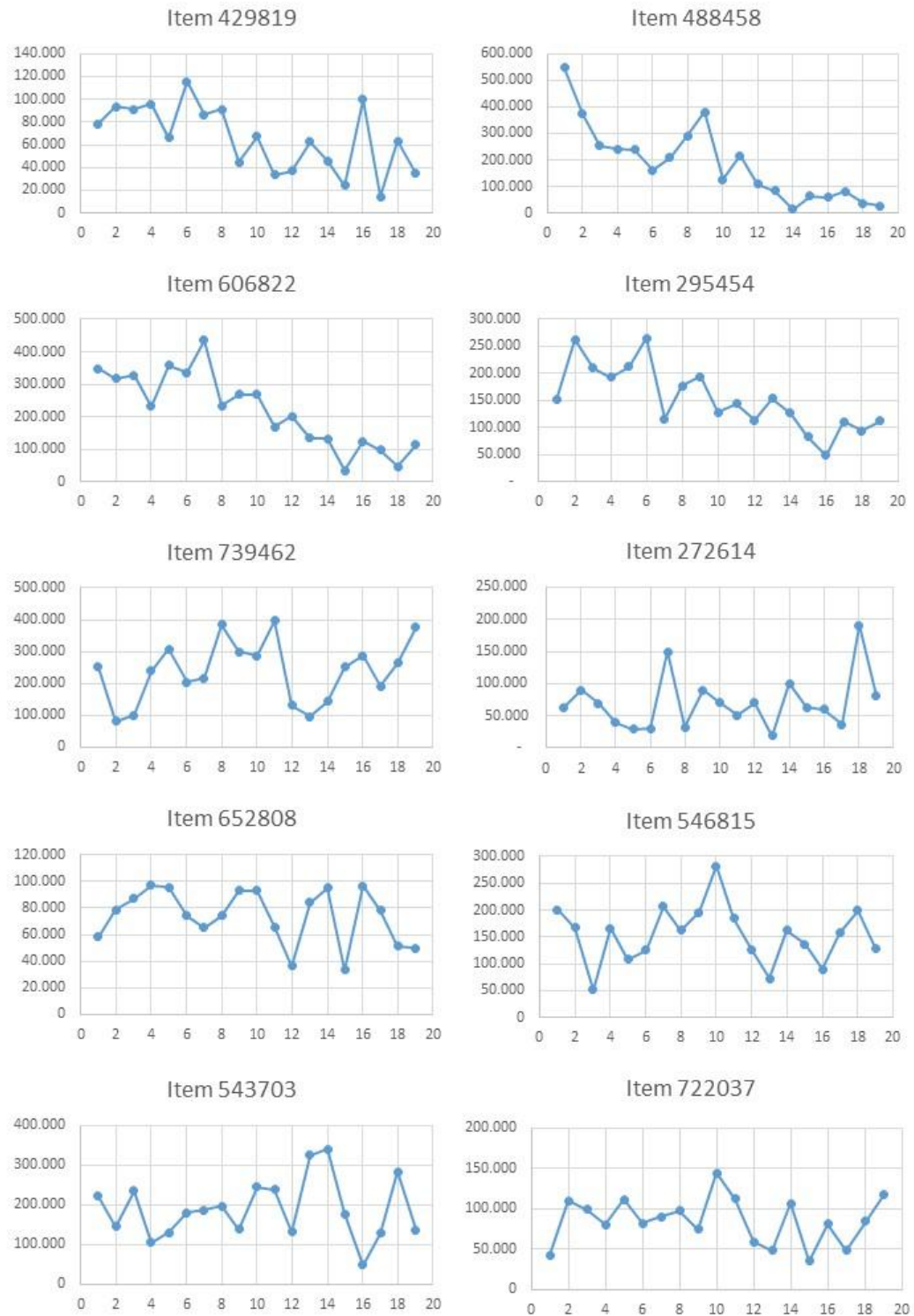
Os produtos do CD apresentam um ciclo de vida considerado curto e com padrão de demanda irregular. Com isso temos um horizonte de previsão curto e a indicação de algumas técnicas de acordo com Ballou (2001):

- Média móvel;
- Amortecimento exponencial simples;

- Amortecimento exponencial duplo – avalia tendência;
- Amortecimento exponencial triplo – avalia tendência e sazonalidade;
- Regressão linear simples.

A Figura 13 apresenta o comportamento dos itens selecionados para a simulação deste projeto. Existem itens com comportamento: regular decrescente, sazonal, regular crescente e regular, demonstrando a heterogeneidade da carteira.

Figura 13 - Gráfico de demanda dos itens selecionados



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

O modelo permanece aberto à inclusão de previsões de origem qualitativa, oriundas da força de vendas ou dos clientes, em razão de eventos específicos. Para os itens de ciclo de vida curto e para itens novos, as informações qualitativas têm precedência sobre as quantitativas.

Foram simulados cinco modelos de previsão, comparados pelo MAPE (equação (29)), métrica que expressa o erro em termos percentuais e facilita a comparação entre itens de comportamentos distintos:

- Regressão linear simples: dentro das séries causais é o único modelo que integrará a simulação pela sua simplicidade, conforme equação (26).
- Média móvel simples, conforme equação (17) nos intervalos de 2, 3 e 4 meses;
- Amortecimento exponencial simples, conforme equação (18);
- Amortecimento exponencial duplo – método de Holt, conforme equações (19), (20) e (21);
- Amortecimento exponencial triplo – método de Winter, conforme equações (22), (23), (24) e (25).

O resultado da comparação é apresentado no Capítulo 5.

#### 4.2.5 Análise da produção

O lead time total, composto pelo lead time do produto e pelo tempo de resposta da produção, foi obtido a partir do cadastro de itens da engenharia de produtos e do software de chão de fábrica, conforme o fluxo produtivo de cada item. Os valores obtidos para a amostra são apresentados Figura 14.

Figura 14 - *Lead Time Total*

| Item   | Fluxo | Lead time | Tempo de resposta | Lead time total |
|--------|-------|-----------|-------------------|-----------------|
| 543703 | Flexo | 1         | 3                 | 4               |
| 739462 | CV    | 1         | 4                 | 5               |
| 546815 | CV    | 1         | 4                 | 5               |
| 652808 | Flexo | 1         | 3                 | 4               |
| 429819 | CV    | 1         | 4                 | 5               |
| 606822 | CV    | 1         | 4                 | 5               |
| 488458 | CV    | 1         | 4                 | 5               |

| Item   | Fluxo | Lead time | Tempo de resposta | Lead time total |
|--------|-------|-----------|-------------------|-----------------|
| 722037 | Flexo | 1         | 3                 | 4               |
| 295454 | CV    | 1         | 4                 | 5               |
| 272614 | CV    | 1         | 4                 | 5               |

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

#### 4.2.6 Cálculo dos parâmetros

O ponto de pedido, o estoque de segurança e o lote econômico de produção foram calculados conforme as fórmulas indicadas na seção 3.2.2.6, a partir de dados históricos do ERP (vendas, produção, custos e financeiro). A Figura 15 apresenta os resultados, coluna “Ganhos (R\$)” e o comparativo entre os valores calculados pelo modelo e os valores praticados no mesmo período.

Figura 15 - EOQ, ES e PP

| Item   | EOQ (un.) | Pedidos/ano (EOQ) | ES (un.) | PP (un.) | Lote atual (un.) | Pedidos/ano (atual) | Ganhos (R\$) |
|--------|-----------|-------------------|----------|----------|------------------|---------------------|--------------|
| 543703 | 43.506    | 50                | 57.105   | 30.915   | 33.219           | 70                  | 39.569,81    |
| 739462 | 91.566    | 21                | 102.012  | 78.258   | 69.812           | 25                  | 4.315,62     |
| 546815 | 87.488    | 18                | 61.943   | 49.539   | 39.984           | 32                  | 62.751,43    |
| 652808 | 31.120    | 24                | 22.725   | 24.650   | 12.511           | 30                  | 4.850,17     |
| 429819 | 57.175    | 17                | 27.708   | 41.261   | 17.699           | 23                  | 13.188,89    |
| 606822 | 73.078    | 17                | 91.023   | 63.792   | 52.167           | 19                  | 1.487,75     |
| 488458 | 66.643    | 20                | 119.105  | 72.483   | 84.111           | 18                  | 171,50       |
| 722037 | 43.890    | 19                | 30.764   | 23.894   | 18.492           | 34                  | 30.654,45    |
| 295454 | 42.013    | 18                | 59.691   | 36.037   | 35.612           | 21                  | 2.685,90     |
| 272614 | 49.418    | 15                | 32.166   | 33.094   | 23.455           | 23                  | 9.909,02     |

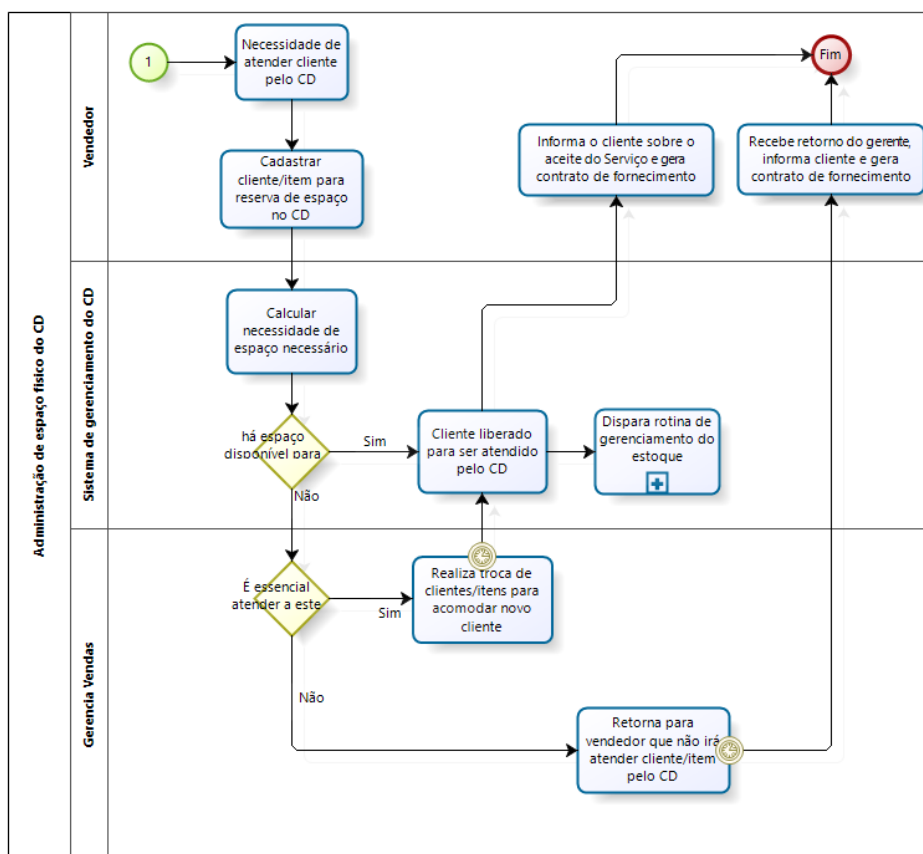
Fonte: elaborado pelo autor (2026).

#### 4.2.7 Definição do fluxo de processos proposto

##### 4.2.7.1 Processo de administração de espaço do CD

Propõe-se um sistema informatizado para administrar o espaço de armazenagem do CD, atribuindo capacidades específicas e reservando áreas para itens e clientes. O sistema calcula a necessidade de espaço de cada item ou cliente com base na previsão de vendas e no lote econômico, e verifica a disponibilidade de espaço livre para decidir sobre a inclusão de um novo item ou cliente. Havendo espaço disponível, o vendedor é autorizado a gerar o contrato de fornecimento. Não havendo espaço, a solicitação é encaminhada por workflow ao gerente de vendas, que avalia a relevância do atendimento: pode substituir um item de menor importância e autorizar a inclusão, ou recusar a solicitação, hipótese em que o sistema notifica o vendedor. O fluxo proposto é apresentado na Figura 16.

Figura 16 - Processo proposto de administração de espaço no CD



#### 4.2.7.2 Processo de gerenciamento de estoques

Propõe-se a implementação de cálculos que assegurem estoque suficiente para um nível de serviço de 95%. Os cálculos utilizam os parâmetros cadastrais de cada item, a demanda do período e o lead time total. A demanda é determinada estatisticamente a partir de dados históricos, constituindo a demanda prevista, que é utilizada até que se registre uma demanda firme, decorrente da inclusão de uma ordem de expedição. O modelo aplica uma lógica adaptativa: na presença de demanda firme, esta é priorizada nos cálculos; na ausência dela, utiliza-se a demanda prevista. São também calculados o estoque de segurança (ver equação (2)), ponto de pedido (ver equação (3)), lote econômico (ver equação (4)) e demanda média diária. As informações de estoque atual, ordens de produção e de expedição programadas, produção e faturamento constituem entradas do gerenciador de estoques, obtidas por consulta automática ao ERP.

A Figura 17 representa o cálculo da rotina, realizado em 01/12/2025, onde o gerenciador identificou a necessidade de repor estoques (baseado em informações de demanda prevista e demanda firme) para o dia 04/12/2025. Como o *lead-time* do período é de 3 dias, a OP deve ser gerada/programada ainda em 01/12/2025 para que em 04/12/2025 o item já esteja armazenado no CD. Caso não fosse repostado o estoque, o saldo no dia 04/12/2025 seria de 400 unidades o que seria inferior ao ponto de pedido de 600 peças.

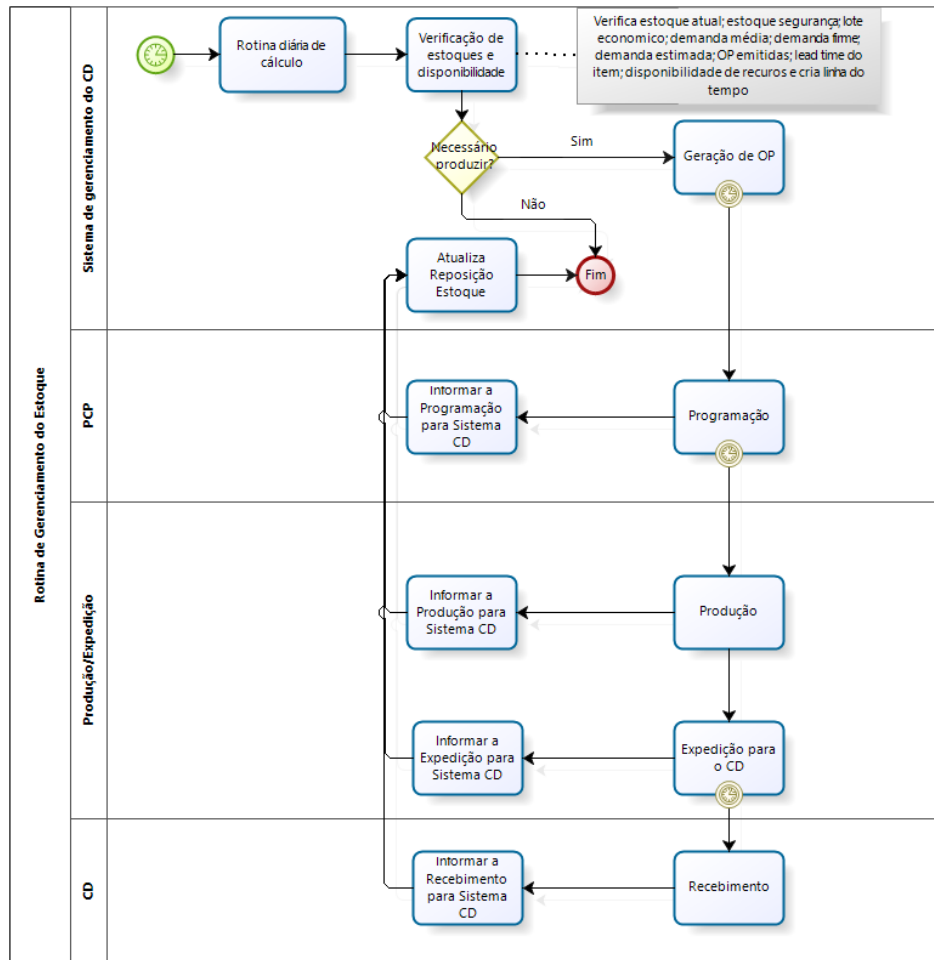
Figura 17 - Simulação de cálculo do gerenciador de estoques

|                           | 01/12/2025 | 02/12/2025 | 03/12/2025 | 04/12/2025 | 05/12/2025 | 06/12/2025 |
|---------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Saldo Inicial             | 1.000      | 1.000      | 1.000      | 900        | 1.400      | 1.000      |
| Demanda prevista          | -          | 300        | -          | 300        | 400        | -          |
| Demanda firme             | -          | -          | 100        | 500        | 400        | -          |
| Média Consumo             | 200        | 200        | 200        | 200        | 200        | 200        |
| Leadtime                  | 3          | 3          | 3          | 3          | 4          | 4          |
| EOQ                       | 1.000      | 1.000      | 1.000      | 1.000      | 1.000      | 1.000      |
| Pedidos Futuros (emissão) | 1.000      | -          | 1.000      | -          | -          | -          |
| Pedidos Futuros (entrada) | -          | -          | -          | 1.000      | -          | -          |
| Saldo Previsto Dia        | 1.000      | 700        | 900        | 400        | 1.000      | 1.000      |
| Saldo Dia + Recebimentos  | 1.000      | 1.000      | 900        | 1.400      | 1.000      | 1.000      |
| PP+ES                     | 650        | 650        | 650        | 650        | 850        | 850        |
| Estoque dias              | 5          | 4          | 5          | 2          | 5          | 5          |

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Adota-se um modelo de revisão periódica de estoques, com rotina diária de atualização executada ao final do expediente do CD. O fluxo proposto é apresentado na Figura 18.

Figura 18 - Processo sugerido de gerenciamento de estoques

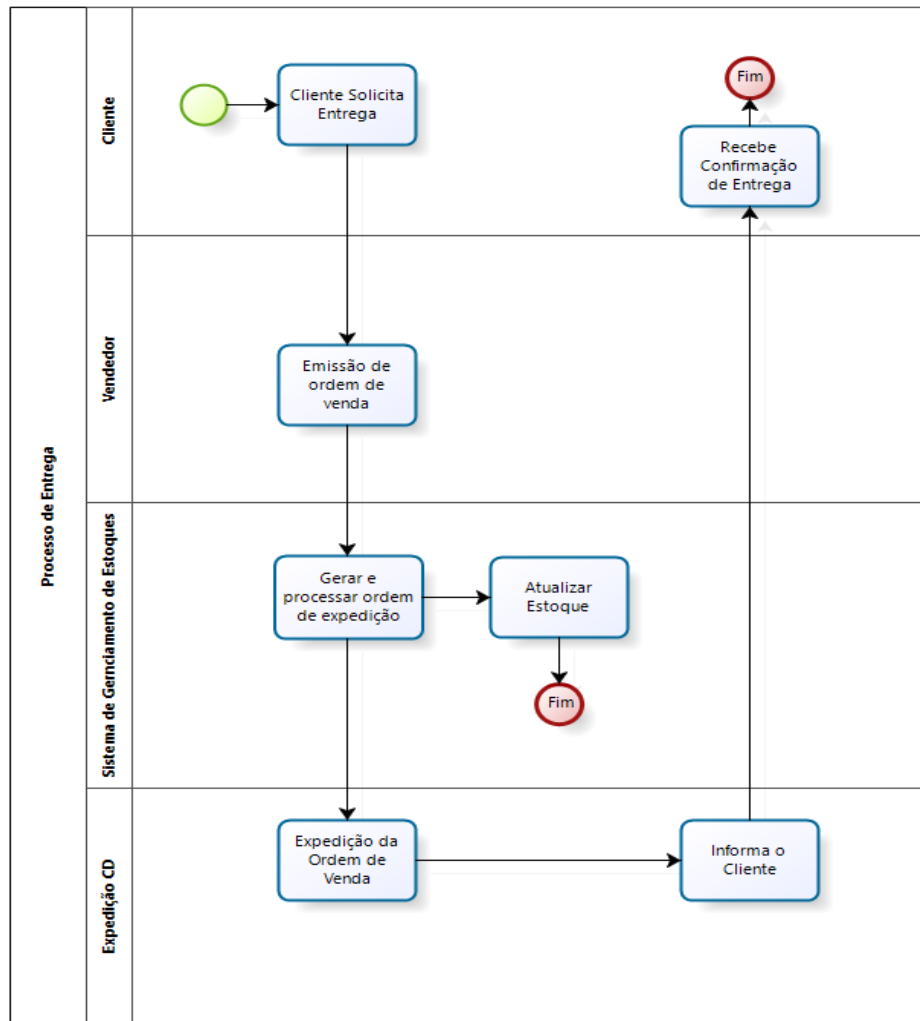


Fonte: elaborado pelo autor (2026).

#### 4.2.7.3 Processo de entrega

Propõe-se um processo de entrega simplificado: com a rotina diária de cálculo, reduz-se a ocorrência de rupturas. O cliente solicita à área de vendas o item, a quantidade e a data de entrega, e o CD executa a operação. Com a alteração do modelo de MTO para MTS, o registro da ordem de venda não gera mais uma ordem de produção, mas apenas uma ordem de expedição. O fluxo proposto é apresentado na (Figura 19).

Figura 19 - Processo sugerido de entrega a partir do CD



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

#### 4.2.7.4 Roteiro de implementação

Em razão do impacto operacional do novo processo propõe-se a implementação em três fases (ver Quadro 6), de modo que o sistema adquira maturidade e que as áreas envolvidas se sintam seguras antes da transferência completa da gestão dos estoques. Serão as seguintes fases:

- Fase 1 – Ajustes no sistema para migrar do modelo MTO para MTS e gestão do espaço físico do CD, abrangendo os processos propostos de gerenciamento de estoques e de entrega.
- Fase 2 – Sistema realiza avaliações e sugere mudanças às áreas de Vendas e PCP que avaliam os resultados e podem aceitá-las ou rejeitá-las; os pontos identificados são corrigidos segundo a lógica da melhoria contínua.
- Fase 3 – Sistema assume a gestão dos estoques com base nos parâmetros e cálculos definidos, gerando ordens de produção e ajustando quantidades e datas conforme o consumo, o nível de estoque e o tempo de resposta da fábrica.

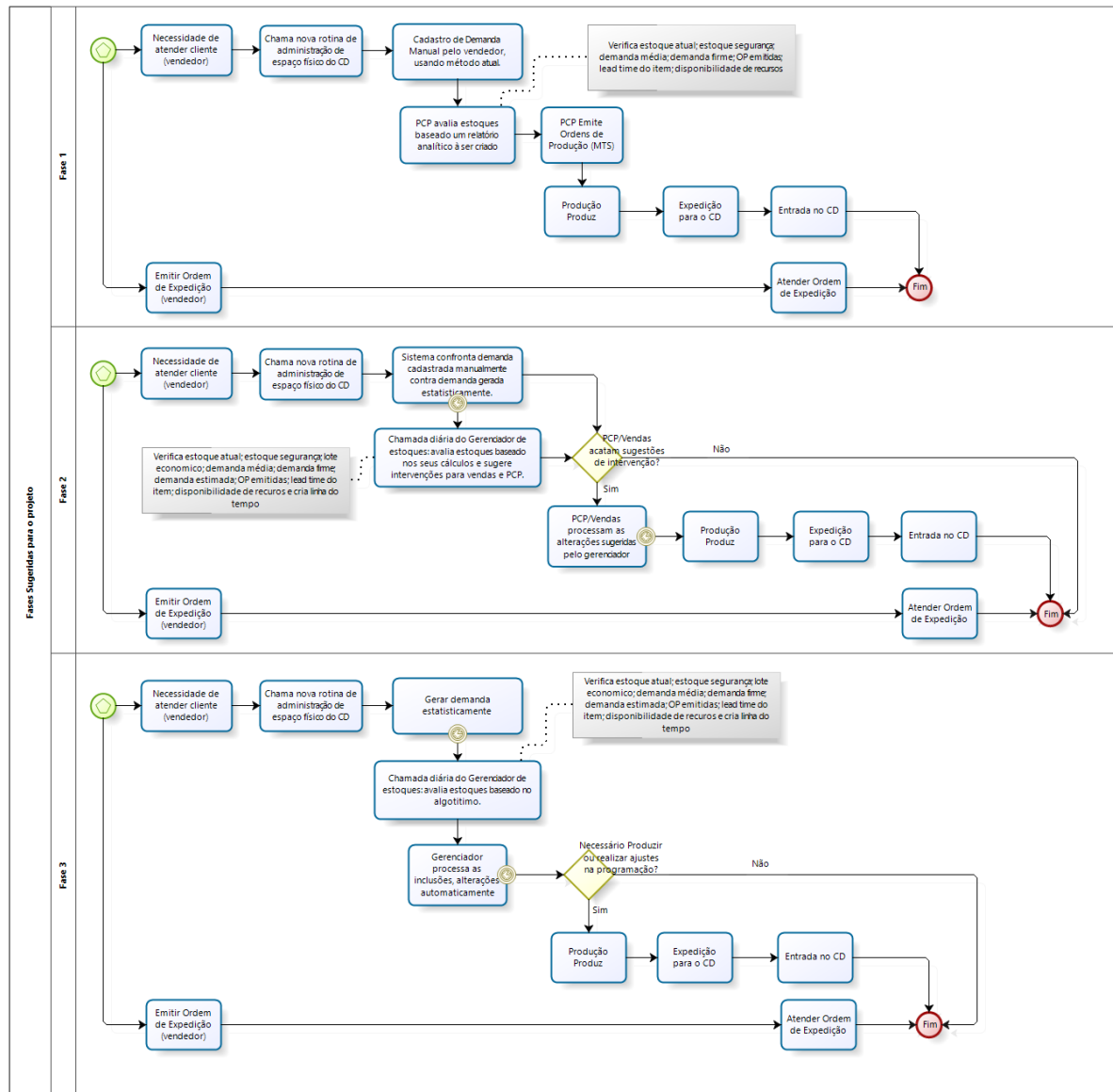
Quadro 6 - Fases para implantação do processo proposto

| Modelo | Produção | Gestão do espaço | Previsão de demanda | Gestão de estoques  | Ordens de produção  | Indicadores |
|--------|----------|------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------|
| Atual  | MTO      | Logística        | Clientes / Vendas   | Vendas              | PCP                 | Não há      |
| Fase 1 | MTS      | Sistema          | Clientes / Vendas   | Vendas              | PCP                 | Sistema     |
| Fase 2 | MTS      | Sistema          | Sugestão do sistema | Sugestão do sistema | Sugestão do sistema | Sistema     |
| Fase 3 | MTS      | Sistema          | Sistema             | Sistema             | Sistema             | Sistema     |

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Na Figura 20 sintetiza o fluxo proposto em cada fase do projeto, com transição gradual de um controle predominantemente manual, na primeira fase, para um controle informatizado e autor regulável, na terceira fase.

Figura 20 - Fluxo proposto em cada fase do projeto



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

## 5 RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados da avaliação da política proposta. Em razão da delimitação do escopo discutida na seção 3.1, os resultados foram obtidos por simulação retrospectiva, e não por implantação em campo. Apresentam-se, na sequência, considerações sobre o procedimento de avaliação, a comparação dos modelos de previsão de demanda, os resultados do dimensionamento de lotes, a análise do giro de estoque, a avaliação dos demais indicadores, as análises complementares e as implicações gerenciais.

### 5.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE A AVALIAÇÃO POR SIMULAÇÃO RETROSPECTIVA

A avaliação da política proposta foi conduzida por simulação retrospectiva, na qual o modelo foi aplicado aos dados históricos de 2024 e 2025 referentes aos dez itens selecionados, e seus resultados foram comparados ao desempenho observado no mesmo período. Esse procedimento permite estimar o efeito da política sem a sua execução na empresa, mas pressupõe que o padrão de demanda do período histórico seja representativo do período de aplicação. Os resultados devem, portanto, ser interpretados como estimativas do comportamento esperado da política, e não como medições de desempenho em operação real.

### 5.2 COMPARAÇÃO DE MODELOS DE PREVISÃO DE DEMANDA

Foram avaliados cinco modelos de previsão — média móvel simples, nos intervalos de dois, três e quatro meses; regressão linear simples; amortecimento exponencial simples; amortecimento exponencial duplo; e amortecimento exponencial triplo —, comparados pelo MAPE (equação (29)). A Figura 21 apresenta o erro percentual obtido para cada item e a média por modelo.

Figura 21 - Resumo de erro das previsões

| Item   | MM 2 meses | MM 3 meses | MM 4 meses | Regressão | AES    | AED    | AET    |
|--------|------------|------------|------------|-----------|--------|--------|--------|
| 272614 | 68,7%      | 71,1%      | 69,3%      | 66,6%     | 58,6%  | 68,8%  | 79,4%  |
| 295454 | 31,0%      | 38,1%      | 41,2%      | 35,6%     | 31,6%  | 33,4%  | 38,2%  |
| 429819 | 50,6%      | 84,8%      | 82,2%      | 79,3%     | 57,0%  | 70,8%  | 58,3%  |
| 488458 | 129,2%     | 135,8%     | 168,5%     | 179,7%    | 131,9% | 167,5% | 112,8% |
| 543703 | 71,7%      | 102,9%     | 101,2%     | 92,1%     | 55,7%  | 49,3%  | 99,3%  |
| 546815 | 70,8%      | 48,5%      | 44,9%      | 40,9%     | 45,6%  | 46,5%  | 55,1%  |
| 606822 | 134,8%     | 84,7%      | 82,7%      | 92,1%     | 61,9%  | 71,1%  | 73,2%  |
| 652808 | 33,6%      | 56,6%      | 41,5%      | 38,2%     | 34,4%  | 32,3%  | 38,7%  |
| 722037 | 72,4%      | 49,4%      | 57,3%      | 54,0%     | 38,8%  | 40,7%  | 59,1%  |
| 739462 | 79,7%      | 52,7%      | 54,7%      | 53,1%     | 53,4%  | 46,9%  | 55,3%  |
| Média  | 74,2%      | 72,5%      | 74,4%      | 73,2%     | 56,9%  | 62,7%  | 66,9%  |

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

O amortecimento exponencial simples apresentou o menor erro médio entre os modelos avaliados (56,9%), seguido do amortecimento exponencial duplo (62,7%) e do amortecimento exponencial triplo (66,9%). Em razão desse resultado, o amortecimento exponencial simples foi adotado nos cálculos do modelo proposto.

Os valores de MAPE observados são elevados e devem ser interpretados à luz das características da demanda dos itens do CD. Os produtos apresentam ciclo de vida curto, séries históricas reduzidas e padrão de demanda irregular, com períodos de baixa procura intercalados por picos. Nesse tipo de demanda, intermitente ou de baixa regularidade, o MAPE tende a assumir valores altos, pois pequenas diferenças absolutas, quando normalizadas por valores reais baixos, resultam em percentuais elevados.

O item 488458, cuja demanda apresenta forte tendência de decréscimo, registrou os maiores erros em todos os modelos, o que é compatível com a dificuldade de previsão de itens em fase de declínio do ciclo de vida, a proposta se utiliza de dados reais e não de previsão.

O estoque de segurança constitui um mecanismo de proteção contra as incertezas inerentes à demanda e ao processo de reposição. Embora não elimine a variabilidade da demanda, ele reduz seus impactos operacionais ao disponibilizar uma quantidade adicional de estoque capaz de absorver oscilações de consumo acima da média prevista durante o lead time. Dessa forma, quanto maior a variabilidade da demanda, medida pelo desvio padrão, maior tende a ser o estoque de segurança necessário para manter um determinado nível de serviço e

minimizar a ocorrência de rupturas o que no caso do item 488458 acabou resultando em alto índice de erro.

A literatura indica que, para padrões de demanda intermitente, métodos específicos, como o de Croston (1972) e suas variações, tendem a apresentar desempenho superior ao das técnicas de suavização exponencial convencionais. A inclusão desses métodos na comparação constitui recomendação para o aprimoramento do modelo, registrada na seção de trabalhos futuros.

A redução do número de pedidos por ano associa-se à diminuição dos custos de setup, relevante em um processo no qual o aumento da frequência de produção em lotes pequenos foi identificado, na seção 1.1, como fator de elevação dos tempos de preparação e de perdas de processo.

### 5.3 LOTE ECONÔMICO DE PRODUÇÃO

O dimensionamento do lote econômico de produção, apresentado na Figura 15, indicou diferença entre o custo total associado aos lotes praticados e o custo total associado aos lotes calculados pelo modelo. Para os dez itens analisados, que correspondem a 21% do faturamento do CD, a soma da coluna de Ganhos da Figura 15 totalizou R\$ 170.000,00. Observa-se ainda redução no número de pedidos por ano para a maioria dos itens, o que indica produção em lotes maiores e menor frequência de setup.

O ganho representa o ponto de equilíbrio entre o custo de produzir e o custo de estocagem dos itens utilizados no modelo conforme observamos na Figura 22. A redução do número de pedidos por ano associa-se à diminuição dos custos de setup, relevante em um processo no qual o aumento da frequência de produção em lotes pequenos foi identificado, na seção 1.1, como fator de elevação dos tempos de preparação e de perdas de processo.

Figura 22 - Cálculo Lote Econômico de Produção.

| Item   | Faturamento Ano  | Tempo de Setup -<br>(hora 100) | D - demanda anual | i - taxa de capital | S - custo por Setup | c - valor do item | H - custo de<br>manutenção de<br>estoque por item | d - demanda<br>durante produção | p - taxa de<br>produção | a)EOQ=raiz<br>(2*D*S/(H*(1-(d/p)))<br>- Unidades | CE = EOQ/2*H -<br>R\$/ano | CP = D/EOQ*S -<br>R\$/ano | b) CT = CE + CP -<br>R\$/ano |
|--------|------------------|--------------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|-------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------------|
| 543703 | R\$ 4.208.447,62 | 0,07                           | 2.164.057         | 0,10                | R\$ 111,24          | R\$ 1,94          | R\$ 0,2506                                        | 247,04                          | 16.541                  | 43.506                                           | R\$ 5.450,51              | R\$ 5.533,15              | R\$ 10.983,66                |
| 739462 | R\$ 3.526.637,00 | 0,30                           | 1.956.453         | 0,10                | R\$ 509,23          | R\$ 1,80          | R\$ 0,2363                                        | 223,34                          | 40.705                  | 91.566                                           | R\$ 10.820,78             | R\$ 10.880,48             | R\$ 21.701,26                |
| 546815 | R\$ 2.966.229,79 | 0,35                           | 1.585.266         | 0,10                | R\$ 590,95          | R\$ 1,87          | R\$ 0,2432                                        | 180,97                          | 28.040                  | 87.488                                           | R\$ 10.638,80             | R\$ 10.707,91             | R\$ 21.346,71                |
| 652808 | R\$ 1.613.661,38 | 0,12                           | 739.497           | 0,10                | R\$ 180,50          | R\$ 2,18          | R\$ 0,2743                                        | 84,42                           | 17.274                  | 31.120                                           | R\$ 4.268,20              | R\$ 4.289,17              | R\$ 8.557,37                 |
| 429819 | R\$ 1.516.379,93 | 0,22                           | 949.015           | 0,10                | R\$ 373,02          | R\$ 1,60          | R\$ 0,2159                                        | 108,34                          | 33.036                  | 57.175                                           | R\$ 6.171,34              | R\$ 6.191,65              | R\$ 12.362,99                |
| 606822 | R\$ 1.515.068,23 | 0,23                           | 1.212.055         | 0,10                | R\$ 400,26          | R\$ 1,25          | R\$ 0,1811                                        | 138,36                          | 42.115                  | 73.078                                           | R\$ 6.616,91              | R\$ 6.638,72              | R\$ 13.255,63                |
| 488458 | R\$ 1.493.525,77 | 0,17                           | 1.304.700         | 0,10                | R\$ 291,30          | R\$ 1,14          | R\$ 0,1706                                        | 148,94                          | 43.865                  | 66.643                                           | R\$ 5.683,52              | R\$ 5.702,88              | R\$ 11.386,39                |
| 722037 | R\$ 1.400.406,58 | 0,18                           | 812.413           | 0,10                | R\$ 272,85          | R\$ 1,72          | R\$ 0,2285                                        | 92,74                           | 12.723                  | 43.890                                           | R\$ 5.013,74              | R\$ 5.050,56              | R\$ 10.064,30                |
| 295454 | R\$ 1.284.540,92 | 0,15                           | 756.780           | 0,10                | R\$ 264,06          | R\$ 1,70          | R\$ 0,2258                                        | 86,39                           | 32.832                  | 42.013                                           | R\$ 4.743,93              | R\$ 4.756,45              | R\$ 9.500,38                 |
| 272614 | R\$ 1.209.736,78 | 0,20                           | 761.175           | 0,10                | R\$ 345,78          | R\$ 1,59          | R\$ 0,2150                                        | 86,89                           | 35.775                  | 49.418                                           | R\$ 5.313,03              | R\$ 5.325,97              | R\$ 10.639,00                |

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

#### 5.4 GIRO DE ESTOQUE E O COMPROMISSO ENTRE NÍVEL DE SERVIÇO E GIRO

A Figura 23 apresenta o comparativo do giro de estoque entre a situação atual e a política proposta para os dez itens selecionados com nível de serviço de 95%.

Figura 23 - Comparativo do giro de estoques.

| Item             | Giro atual | Giro proposto |
|------------------|------------|---------------|
| 543703           | 3,5        | 3,6           |
| 739462           | 2,1        | 1,6           |
| 546815           | 2,2        | 1,7           |
| 652808           | 1,6        | 2,4           |
| 429819           | 1,4        | 1,8           |
| 606822           | 2,5        | 1,3           |
| 488458           | 1,7        | 1,0           |
| 722037           | 2,0        | 1,8           |
| 295454           | 3,5        | 1,2           |
| 272614           | 2,3        | 1,4           |
| Total (10 itens) | 2,2        | 1,6           |

Fonte: elaborada pelo autor (2026).

Considerados os dez itens em conjunto, o giro de estoque estimado para a política proposta (1,6) é inferior ao giro observado na situação atual (2,2), o que contraria o critério de aceitação de aumento mínimo de 10% no indicador. Esse resultado decorre do dimensionamento do estoque de segurança, que foi calculado para assegurar um nível de serviço de 95%. O estoque de segurança eleva o estoque médio e, por consequência, reduz o giro.

A análise por item evidencia comportamentos distintos. Para os itens 543703, 652808 e 429819, o giro estimado para a política proposta é superior ao atual, o que indica que os lotes praticados eram maiores do que o lote econômico calculado. Para os demais itens, o giro estimado é inferior, com reduções acentuadas nos itens 295454, 606822 e 272614. Esse padrão é coerente com a operação atual no modelo MTO: ao operar com estoques reduzidos e reposições frequentes, a empresa registra giro elevado, porém com nível de serviço de 91,53%,

inferior à meta de 95%, e com ocorrência de rupturas. A política proposta, ao adotar o modelo MTS para os itens selecionados e dimensionar o estoque de segurança, eleva deliberadamente o estoque médio para sustentar o nível de serviço.

O resultado revela um compromisso (trade-off) entre o nível de serviço e o giro de estoque: para um determinado padrão de demanda, de variabilidade de demanda e de lead time, a elevação do nível de serviço requer maior estoque de segurança, o que reduz o giro. Conclui-se que os critérios de aceitação estabelecidos pela empresa — elevação simultânea do nível de serviço, do giro e do faturamento por metro quadrado, com redução do custo — não são plenamente compatíveis entre si sem a atuação sobre outras variáveis, como a redução do lead time de produção ou da variabilidade da demanda. A revisão desses critérios, descrita na seção 5.6, constitui contribuição do trabalho para o planejamento da empresa.

## 5.5 AVALIAÇÃO DOS DEMAIS INDICADORES

Além do giro de estoque e do custo associado ao dimensionamento de lotes, a política proposta deve ser avaliada pelos demais indicadores definidos na seção 3.2.3: o nível de serviço (OTD), a taxa de ruptura de estoque, a precisão do inventário, o faturamento por metro quadrado e o custo operacional por metro quadrado. A avaliação desses indicadores é realizada pela simulação da aplicação da rotina diária do gerenciador de estoques, ilustrada na Figura 17, a toda a série histórica de 2024 e 2025 dos dez itens, com o registro dos dias em que ocorreria ruptura e a apuração dos indicadores resultantes e índice de confiança de 95%. O resultado da simulação para o nível de serviço, taxa de ruptura e giro de estoques podem ser vistos na Figura 24. Uma vez que não houve condições de implementar o sistema proposto na empresa, o modelo foi avaliado, adicionalmente à análise dos dados observados em 2024 e 2025, em um cenário simulado. Empregou-se a simulação de Monte Carlo aplicada aos 10 itens da amostra, adotando-se um horizonte de 313 dias úteis por replicação. As demandas diárias foram geradas a partir de uma distribuição Gamma, calibrada para reproduzir a média e o desvio-padrão históricos e garantir a não negatividade dos valores. Os *lead-times* foram gerados de forma análoga, por meio de uma distribuição Gamma parametrizada com base na média e no desvio-padrão históricos, de modo independente da demanda. Foram realizadas 1.000 replicações independentes para cada item, número suficiente para assegurar a estabilidade das estimativas:

o erro-padrão de Monte Carlo do nível de serviço manteve-se abaixo de 0,18 ponto percentual em todos os itens.

Figura 24 - Simulação de comportamento anual dos itens

| Item   | Número Pedidos (ano) | Estoque médio (mil) | Venda Mensal (mil) | Rupturas | Nível Serviço | Estoque Médio (mil/R\$) | Venda Mensal (mil/R\$) | Giro estoque |
|--------|----------------------|---------------------|--------------------|----------|---------------|-------------------------|------------------------|--------------|
| 543703 | 47,7                 | 36,84               | 173,12             | 5,0%     | 95,0%         | 71,64                   | 336,67                 | 4,9          |
| 739462 | 21,2                 | 93,58               | 162,93             | 0,2%     | 99,8%         | 168,69                  | 293,68                 | 1,7          |
| 546815 | 17,8                 | 64,89               | 131,48             | 0,6%     | 99,4%         | 121,42                  | 246,01                 | 2,0          |
| 652808 | 23,3                 | 22,47               | 60,94              | 1,4%     | 98,6%         | 49,04                   | 132,97                 | 2,7          |
| 429819 | 16,0                 | 33,44               | 77,64              | 2,3%     | 97,7%         | 53,42                   | 124,06                 | 2,4          |
| 606822 | 16,7                 | 92,40               | 101,04             | 0,0%     | 100,0%        | 115,50                  | 126,29                 | 1,1          |
| 488458 | 19,6                 | 110,21              | 108,79             | 0,0%     | 100,0%        | 126,16                  | 124,54                 | 1,0          |
| 722037 | 18,2                 | 34,60               | 67,51              | 0,4%     | 99,6%         | 59,64                   | 116,37                 | 2,0          |
| 295454 | 18,1                 | 58,21               | 63,09              | 0,0%     | 100,0%        | 98,80                   | 107,08                 | 1,1          |
| 272614 | 15,0                 | 36,81               | 63,23              | 0,4%     | 99,6%         | 58,51                   | 100,49                 | 1,7          |
|        |                      |                     |                    |          | <b>99,0%</b>  | <b>922,82</b>           | <b>1.708,16</b>        | <b>1,9</b>   |

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Os indicadores de faturamento por m<sup>2</sup> e custo operacional por m<sup>2</sup> são estimados, considerando a redução do giro de estoques e incremento da disponibilidade de espaço físico para a área comercial conforme cálculo da seção 5.8. Considerando um aumento de disponibilidade de 16%, o potencial de faturamento por m<sup>2</sup> seria de R\$ 956,53 e o potencial custo operacional por m<sup>2</sup> seria R\$ 0,09258. Na Figura 25 temos o comparativo entre a política definida e os números potenciais, onde o faturamento por m<sup>2</sup> supera a expectativa e o custo operacional por m<sup>2</sup> praticamente atinge a expectativa.

Figura 25 – Comparativo Política x Potencial

|                                  | Atual       | Meta        | Potencial   | Var. Meta x Potencial | Var. % Meta x Potencial |
|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------|-------------------------|
| Faturamento M <sup>2</sup>       | R\$ 824,60  | R\$ 907,06  | R\$ 956,53  | R\$ 49,48             | 5,45%                   |
| Custo operacional M <sup>2</sup> | R\$ 0,09952 | R\$ 0,09255 | R\$ 0,09258 | -R\$ 0,00003          | -0,03%                  |

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Em relação à acuracidade de inventário, a empresa já dispõe de software de controle de estoques, movimentação de unidades e leitores de códigos de barras propícios para realização de inventário e conciliação de estoques, esta metodologia já é utilizada atualmente. Espera-se o aumento da acuracidade em razão do controle sobre o espaço físico disponível desta proposta,

o que melhora consideravelmente a organização dos estoques, logo não existe possibilidade de estimar o indicador pois exige a operação prática. Após a implantação, rodando o ciclo PDCA pode-se identificar novas ações e possibilidades de melhoria para o indicador, caso este não atinja os valores estimados.

## 5.6 ANÁLISE DE CENÁRIOS DE NÍVEL DE SERVIÇO

Em decorrência do compromisso identificado na seção 5.4, propõe-se uma análise de cenários na qual o nível de serviço-alvo é variado e os indicadores resultantes são apurados. Calcula-se o estoque de segurança para fatores de confiança correspondentes a níveis de serviço de 90%, 95% e 99% (Figura 26) e, para cada cenário, apuram-se o estoque médio (Figura 27), o giro de estoque (Figura 28) e a taxa de ruptura (Figura 29). A análise permite representar a relação entre o nível de serviço, o giro e o custo, fornecendo subsídio para a definição de critérios de aceitação consistentes entre si.

Figura 26 - Comparativo Nível de Serviço

| Item         | 90%          | 95%          | 99%          |
|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 543703       | 93,4%        | 95,0%        | 96,8%        |
| 739462       | 99,6%        | 99,8%        | 99,9%        |
| 546815       | 98,7%        | 99,4%        | 99,8%        |
| 652808       | 97,7%        | 98,6%        | 99,4%        |
| 429819       | 96,2%        | 97,7%        | 99,1%        |
| 606822       | 100,0%       | 100,0%       | 100,0%       |
| 488458       | 100,0%       | 100,0%       | 100,0%       |
| 722037       | 99,2%        | 99,6%        | 99,9%        |
| 295454       | 100,0%       | 100,0%       | 100,0%       |
| 272614       | 98,9%        | 99,6%        | 99,9%        |
| <b>Total</b> | <b>98,4%</b> | <b>99,0%</b> | <b>99,5%</b> |

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Figura 27 - Comparativo Estoque Médio

| Item         | 90%               | 95%               | 99%                 |
|--------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| 543703       | R\$ 61,78         | R\$ 71,64         | R\$ 91,05           |
| 739462       | R\$ 145,13        | R\$ 168,69        | R\$ 170,51          |
| 546815       | R\$ 107,76        | R\$ 121,42        | R\$ 147,16          |
| 652808       | R\$ 44,15         | R\$ 49,04         | R\$ 58,40           |
| 429819       | R\$ 48,67         | R\$ 53,42         | R\$ 62,66           |
| 606822       | R\$ 103,19        | R\$ 115,50        | R\$ 138,12          |
| 488458       | R\$ 107,98        | R\$ 126,16        | R\$ 159,56          |
| 722037       | R\$ 53,68         | R\$ 59,64         | R\$ 70,70           |
| 295454       | R\$ 87,39         | R\$ 98,80         | R\$ 119,77          |
| 272614       | R\$ 51,67         | R\$ 58,51         | R\$ 71,38           |
| <b>Total</b> | <b>R\$ 811,40</b> | <b>R\$ 922,82</b> | <b>R\$ 1.089,31</b> |

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Figura 28 - Comparativo Giro de Estoque

| Item         | 90%        | 95%        | 99%        |
|--------------|------------|------------|------------|
| 543703       | 5,7        | 4,9        | 3,9        |
| 739462       | 2,0        | 1,7        | 1,7        |
| 546815       | 2,3        | 2,0        | 1,7        |
| 652808       | 3,0        | 2,7        | 2,3        |
| 429819       | 2,6        | 2,4        | 2,0        |
| 606822       | 1,2        | 1,1        | 0,9        |
| 488458       | 1,2        | 1,0        | 0,8        |
| 722037       | 2,2        | 2,0        | 1,7        |
| 295454       | 1,2        | 1,1        | 0,9        |
| 272614       | 2,0        | 1,7        | 1,4        |
| <b>Total</b> | <b>2,1</b> | <b>1,9</b> | <b>1,6</b> |

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Figura 29 - Comparativo Taxa de Ruptura

| Item         | 90%         | 95%         | 99%         |
|--------------|-------------|-------------|-------------|
| 543703       | 6,6%        | 5,0%        | 3,2%        |
| 739462       | 0,4%        | 0,2%        | 0,1%        |
| 546815       | 1,3%        | 0,6%        | 0,2%        |
| 652808       | 2,3%        | 1,4%        | 0,6%        |
| 429819       | 3,8%        | 2,3%        | 0,9%        |
| 606822       | 0,0%        | 0,0%        | 0,0%        |
| 488458       | 0,0%        | 0,0%        | 0,0%        |
| 722037       | 0,8%        | 0,4%        | 0,1%        |
| 295454       | 0,0%        | 0,0%        | 0,0%        |
| 272614       | 1,1%        | 0,4%        | 0,1%        |
| <b>Total</b> | <b>1,6%</b> | <b>1,0%</b> | <b>0,5%</b> |

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Propõe-se à empresa que avalie os ganhos obtidos pela otimização dos lotes de produção e consequente aumento dos níveis de estoque, resultando em redução do giro dos estoques. Os indicadores mostraram-se incompatíveis na amostra analisada, porém este cenário pode ser revertido ao considerarmos toda a população de itens do CD, o que só será possível de ser avaliado com a implantação efetiva da proposta.

Observa-se também que a lógica adaptativa, a revisão diária do modelo com as atualizações diárias de dados, confere à proposta ganho robusto no nível de serviço (Figura 26).

## 5.7 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

A análise de sensibilidade apresentada na Figura 30 demonstra que o aumento do nível de confiança eleva significativamente os estoques médios e o capital investido, enquanto os ganhos incrementais de nível de serviço tornam-se progressivamente menores. O cenário de 95% apresentou o melhor equilíbrio entre disponibilidade e eficiência financeira, proporcionando redução expressiva das rupturas com incremento moderado dos estoques. Já o cenário de 99% demandou aumento substancial do capital empatado para obtenção de ganhos marginais de serviço, evidenciando uma relação de custo-benefício menos favorável. Dessa forma, os resultados sugerem que a adoção de um nível de confiança de 95% representa a alternativa mais adequada para a política de estoques analisada.

Figura 30 - Análise de Sensibilidade

| Indicador               | 90%   | 95%   | 99%     | Var.<br>90→95 | Var.<br>95→99 | Var.<br>90→99 |
|-------------------------|-------|-------|---------|---------------|---------------|---------------|
| Nº médio de pedidos     | 21,2  | 21,4  | 21,5    | 0,56%         | 0,42%         | 0,99%         |
| Rupturas (%)            | 1,6   | 1,0   | 0,5     | -36,59%       | -50,96%       | -68,90%       |
| Nível de serviço (%)    | 98,4  | 99,0  | 99,5    | 0,61%         | 0,52%         | 1,13%         |
| Estoque médio (mil R\$) | 811,4 | 922,8 | 1.089,3 | 13,73%        | 18,04%        | 34,25%        |
| Giro de estoque         | 2,1   | 1,9   | 1,6     | -11,48%       | -14,59%       | -24,40%       |

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Já na análise do custo incremental de serviço relativa, Figura 31, evidencia-se o fenômeno dos retornos marginais decrescentes na gestão de estoques. Enquanto a elevação do nível de confiança de 90% para 95% exige um investimento adicional de aproximadamente R\$

185,7 mil para cada ponto percentual de nível de serviço obtido, a elevação subsequente para 99% demanda R\$ 326,45 mil por ponto percentual adicional. Isso representa um aumento de aproximadamente 76% no custo marginal de obtenção de serviço. Os resultados demonstram que, embora o cenário de 99% proporcione níveis de disponibilidade superiores, o custo necessário para alcançar esses ganhos torna-se significativamente maior, reforçando a atratividade econômica do cenário de 95% como ponto de equilíbrio entre disponibilidade e capital investido.

Figura 31 - Custo Incremental por aumento de nível de serviço

| <b>Comparação</b> | <b>Aumento Estoque (mil R\$)</b> | <b>Ganho Serviço (p.p.)</b> | <b>Custo Incremental (mil R\$/p.p.)</b> |
|-------------------|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------|
| 90% → 95%         | 111,42                           | 0,60                        | 185,70                                  |
| 95% → 99%         | 166,49                           | 0,51                        | 326,45                                  |
| 90% → 99%         | 277,91                           | 1,11                        | 250,37                                  |

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

## 5.8 USO DO ESPAÇO FÍSICO DO CD

A política proposta tem entre seus objetivos a otimização do uso do espaço físico do CD. A partir dos lotes econômicos e dos estoques de segurança calculados, é possível estimar o volume médio ocupado pelos dez itens e verificar sua aderência ao limite operacional de 80% da capacidade volumétrica líquida de 17.000 m<sup>3</sup>, definido na seção 4.2.2. Essa verificação permite avaliar se a política proposta é compatível com a restrição de espaço e estimar a capacidade remanescente para o atendimento de novos clientes.

O volume médio de ocupação do CD gira em torno de 46%, bem distante do limite de 80%. Considerando o aumento médio de estoque representado pela redução do giro de estoque de 2,2 para 1,6 a estimativa é que a ocupação fique em 63,25%. Será ofertado à área comercial espaço de armazenamento compatível para incremento de até 16% no volume operado pelo CD.

## 6 CONCLUSÃO

### 6.1 IMPLICAÇÕES GERENCIAIS

Os resultados obtidos permitem identificar implicações gerenciais para a empresa. A primeira refere-se à substituição do controle manual em planilhas eletrônicas por um modelo estruturado de cálculo de parâmetros, o que reduz a probabilidade de erros de alimentação de dados e de atrasos de informação, e libera a equipe de vendas para atividades comerciais.

A segunda implicação refere-se à atribuição da gestão dos estoques: o diagnóstico identificou que o controle conduzido pela área de vendas configura conflito de interesse. A política proposta transfere o cálculo dos parâmetros e a decisão de reposição para um sistema apoiado pelo PCP, o que separa a função comercial da função de gestão de estoques.

A terceira implicação refere-se ao compromisso entre o nível de serviço e o giro de estoque. A empresa deve definir, de forma explícita, o nível de serviço-alvo e reconhecer que a sua elevação implica maior estoque médio e menor giro. A análise de cenários proposta na seção 5.6 fornece subsídio para essa decisão e para a revisão dos critérios de aceitação.

A quarta implicação refere-se ao roteiro de implementação em três fases, que constitui um instrumento de gestão da mudança: a transição gradual do controle manual para o controle informatizado reduz o risco operacional da adoção do modelo e permite o ajuste dos parâmetros antes da transferência completa da gestão dos estoques ao sistema.

Este trabalho teve como objetivo geral propor uma política de gestão de estoques para o centro de distribuição de uma indústria de embalagens de papelão ondulado, de modo a manter o nível de serviço ao cliente com o menor custo operacional. A questão de pesquisa indagava qual política de gestão de estoques deveria ser utilizada para atender à demanda dos clientes do CD ao menor custo.

Em resposta à questão de pesquisa, a política proposta consiste na adoção do modelo de produção para estoque (MTS) para os itens atendidos pelo CD, com revisão contínua diária dos estoques, previsão de demanda por amortecimento exponencial simples e dimensionamento de ponto de pedido, estoque de segurança e lote econômico de produção. O estoque de segurança é calculado de forma a assegurar um nível de serviço de 95%, considerando a variabilidade da

demanda e do lead time total; o ponto de pedido incorpora o lead time total do item; e o lote econômico de produção considera a relação entre a taxa de demanda e a taxa de produção. A política contempla, ainda, uma lógica adaptativa que prioriza a demanda firme sobre a demanda prevista e a gestão informatizada do espaço físico do CD.

Quanto aos objetivos específicos, o primeiro — mapear a política de gestão de estoques utilizada atualmente no CD — foi atendido pelo diagnóstico dos quatro macroprocessos de gestão e pelo mapeamento dos fluxos de administração de espaço, geração de ordens de venda, controle de estoques e entrega. O segundo objetivo — identificar oportunidades de melhoria — foi atendido pela identificação do controle manual em planilhas eletrônicas, da atribuição da gestão de estoques à área de vendas, com o consequente conflito de interesse, e das limitações da previsão de demanda originada pelos clientes. O terceiro objetivo — definir uma nova política — foi atendido pela formulação do modelo e o quarto objetivo - estabelecer um plano piloto para itens selecionados, foi atendido pela definição do roteiro de implementação em três fases e pela avaliação por simulação retrospectiva aplicada a uma amostra de dez itens.

A avaliação por simulação indicou diferença favorável no custo total associado ao dimensionamento de lotes para os dez itens analisados e evidenciou o compromisso entre o nível de serviço e o giro de estoque: a elevação do nível de serviço para 95%, mediante o aumento do estoque de segurança, reduz o giro de estoque. Esse resultado permitiu concluir que os critérios de aceitação estabelecidos pela empresa não são plenamente compatíveis entre si, o que constitui contribuição do trabalho para a revisão desses critérios e para o planejamento da operação do CD.

A comparação de cinco modelos de previsão de demanda indicou o amortecimento exponencial simples como o de menor erro médio para os itens estudados, embora os valores de erro observados sejam elevados, o que é coerente com o padrão de demanda irregular e com o ciclo de vida curto dos produtos do CD.

## 6.2 LIMITAÇÕES

O trabalho apresenta limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. A primeira refere-se à delimitação do escopo: a política proposta não foi implantada na empresa, em razão da definição de outras prioridades pela organização, e foi avaliada por

simulação de Monte Carlo. Os resultados constituem, portanto, estimativas do comportamento esperado da política, e não medições de desempenho em operação real.

A segunda limitação refere-se à amostra: a avaliação restringiu-se aos dez itens de maior faturamento do CD, que correspondem a 21% do faturamento, não abrangendo a totalidade dos 380 itens atendidos. Estes itens tendem a ter maior estabilidade de demanda favorecendo a análise da proposta, mas reconhece-se a não representação estatística da população total como um fator limitante. O mercado de papelão ondulado é extremamente pulverizado e para uma representação estatística precisariam ser testados aproximadamente 190 itens o que é impraticável no momento.

A terceira limitação refere-se à precisão da previsão de demanda: os modelos avaliados apresentaram erros elevados, o que reflete a dificuldade de previsão de itens com demanda irregular e séries históricas curtas.

A quarta limitação refere-se ao caráter de estudo de caso único, que restringe a generalização direta dos resultados a outras empresas e contextos.

### 6.3 TRABALHOS FUTUROS

A partir das limitações identificadas, propõem-se os seguintes desdobramentos. O primeiro é a implantação da política em campo, conduzida segundo o roteiro de três fases, com a validação dos resultados por meio dos indicadores definidos. O segundo é a extensão da avaliação à totalidade dos itens atendidos pelo CD. O terceiro é a inclusão de métodos de previsão específicos para demanda intermitente, como o método de Croston e suas variações, na comparação de modelos. O quarto é a revisão dos critérios de aceitação da empresa, a partir da análise de cenários de nível de serviço, de modo a estabelecer metas consistentes entre si para o nível de serviço, o giro de estoque e o custo. O quinto é a realização da análise de sensibilidade dos parâmetros do modelo, com vistas a identificar aqueles cuja estimativa requer maior precisão.

## 7 REFERÊNCIAS

AGUIAR, Silvio. **Integração das ferramentas da qualidade ao PDCA e ao programa Seis Sigma**. Volume 1, Nova Lima: INDG, 2006.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial**. 4. ed. Porto alegre: Bookman, 2001.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. Grupo A, 2006. *E-book*. ISBN 9788560031467. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788560031467/>. Acesso em: 26 nov. 2025.

BERTASSI, Gustavo Crivellaro & CAMPOS, Renato de. Dimensionamento dos lotes econômicos de produção em uma célula de produção de arcos ortodônticos. In: XXXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. **A engenharia de produção e as novas tecnologias produtivas**: indústria 4.0, manufatura aditiva e outras abordagens avançadas de produção. Joinville, SC, Brasil, 10 a 13 de outubro de 2017. Disponível em: [https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_WIC\\_238\\_378\\_34301.pdf](https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_WIC_238_378_34301.pdf). Acesso em 04 mar. 2026.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia a dia**. 9. ed. Nova Lima: Falconi Editora, 2013.

CASTRO, R. L. (2005) **Planejamento e controle da produção e estoques: um survey com fornecedores da cadeia automobilística brasileira**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). São Paulo: POLI/USP.

CHRISTOPHER, Martim. **O Marketing da Logística**. São Paulo: Futura, 1999. 220 p. Cap. 1, p. 9: O Novo Mercado. Cap. 3, p. 69: Criando valor para o cliente. Cap. 4, p. 101: Rumo ao gerenciamento da cadeia de suprimentos. Cap. 5, p. 131: A concorrência baseada no tempo. Cap. 6, p. 165: Servindo os clientes globais.

CHRISTOPHER, Martin. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos - Tradução da 5ª edição norte americana**. [Digite o Local da Editora]: Cengage Learning Brasil, 2018. *E-book*. ISBN 9788522127320. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522127320/>. Acesso em: 21 mar. 2026.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. **Planejamento, programação e controle da produção**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

CROSTON, J. D. *Forecasting and stock control for intermittent demands*. **Operational Research Quarterly**, v. 23, n. 3, p. 289–303, 1972. DOI: 10.1057/jors.1972.50.

DARÚ, G. H.; LACERDA, V. C. **Utilização de Programação Dinâmica Multirotulada para Balanceamento do Uso de Ferramenta**. In: CONGRESSO NACIONAL DE MATEMATICA APLICADA E COMPUTACIONAL, 28. 2005, São Paulo. São Paulo: SENAC, 2005.

DIAS, G.P.P. **Processo de Previsão**. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. p. 121. São Paulo, 1998.

DIAZ, Martin Fidel Collao *et al.* Inventory management model based on Demand Forecasting, 5S, BPM and Max-Min to improve turnover in commercial enterprises. CONFERENCE: 2022 CONGRESO INTERNACIONAL DE INNOVACIÓN Y TENDENCIAS EN INGENIERÍA. **Conference Paper**. Bogotá. Colombia de 05 a 07 de outubro de 2022. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/365663657\\_Inventory\\_management\\_model\\_based\\_on\\_Demand\\_Forecasting\\_5S\\_BPM\\_and\\_Max-Min\\_to\\_improve\\_turnover\\_in\\_commercial\\_enterprises](https://www.researchgate.net/publication/365663657_Inventory_management_model_based_on_Demand_Forecasting_5S_BPM_and_Max-Min_to_improve_turnover_in_commercial_enterprises). Acesso em 31 out. 2025.

ELMAGHRABY, S. E. **The Economic Lot Scheduling Problem (ELSP): review and extensions**. Management Science, v. 24, n. 6, 1978.

FLORES, Kevin Luiz Ambrósio *et al.* Warehouse management model integrating BPM-Lean Warehousing to increase order fulfillment in SME distribution companies. CONFERENCE: 2022 8TH INTERNATIONAL ENGINEERING, SCIENCES AND TECHNOLOGY CONFERENCE (IESTEC). **Conference Paper**. Panamá, Panamá, de 19 a 21 de outubro de 2022. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/368593946\\_Warehouse\\_management\\_model\\_integrating\\_BPM-Lean\\_Warehousing\\_to\\_increase\\_order\\_fulfillment\\_in\\_SME\\_distribution\\_companies](https://www.researchgate.net/publication/368593946_Warehouse_management_model_integrating_BPM-Lean_Warehousing_to_increase_order_fulfillment_in_SME_distribution_companies). Acesso em 30 out. 2025.

GODINHO FILHO, M. **Paradigmas estratégicos de gestão da manufatura: Configuração, relações com o planejamento e controle da produção e estudo exploratório na indústria de calçados**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). São Carlos: UFSCAR, 2004.

HOPP, W. J.; SPEARMAN, M. L. **Factory physics: foundations of manufacturing management**. Chicago: Irwin, 2000.

MEDINA, Jovane M. **Cadeia de abastecimento no Comércio Eletrônico sob a ótica de redes flexíveis - um método de estruturação**. Florianópolis, 2002, 289p.

MENTZER, J. T & COX Jr., J. E. **Familiarity, application, and performance of sales forecasting techniques**. Journal of Forecasting, v. 3, 11. 1, p. 27-37, jan. 1997.

NOGUEIRA, Amarildo de S. **Logística Empresarial**, 2. ed. Grupo GEN, 2018. E-book. ISBN 9788597015553. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597015553/>. Acesso em: 21 mar. 2026.

NOVAES, A. G. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição: Estratégia, Avaliação e Operação**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2021.

PESSOTI, H. R.; SOUZA, F. B. **Análise dos impactos da migração de um sistema MTS para um sistema ATO nas estratégias de manufatura e competitiva de uma indústria moveleira**. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, dez. 2005, Bauru. **Anais...** Bauru: FEB/UNESP, 2005.

PIRES, Silvio R. I. **Gestão da cadeia de suprimentos**. São Paulo: Atlas, 2004.

SANDERS, N. R. & MANRODT, K. B. **Forecasting practices in US corporations: survey results**. Interfaces, v. 24, n. 2, p. 92- 101, mar. 1994.

SARTORI, Andrey *et al.* Modelagem de processos de um centro de distribuição Lean. In: XXXIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. **Os desafios da engenharia de produção para uma gestão inovadora da Logística e Operações**. Santos, SP, Brasil, 15 a 18 de outubro de 2019. Disponível em: [https://abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STO\\_000\\_1641\\_36930.pdf](https://abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_000_1641_36930.pdf). Acesso em 30 out. 2025.

TANG, Yuk-Ming *et al.* Integrated Smart Warehouse and Manufacturing Management with Demand Forecasting in Small-Scale Cyclical Industries. **Machines** **2022**. Suíça, 14 de junho de 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2075-1702/10/6/472>. Acesso em 16 out. 2025.

THIOLLENT, Michell. **Metodologia da pesquisa-ação**. 14. ed. São Paulo: Cortez, 2005.

DE VRIES, Jan. Identifying inventory project management conflicts: Results of an empirical study. **International Journal of Production Economics**, v. 226, 107620, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107620>

WHANKE, Peter. **Gestão de estoques na cadeia de suprimentos**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

WHANKE, P.; JULIANELLI, L. *et al.* **Previsão de Vendas**. São Paulo: Atlas, 2006.

WATERS, Donald. **Inventory control and management**. 2. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2003.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.