



**PROJETO DE GRADUAÇÃO**

**OTIMIZAÇÃO DE POLÍTICAS DE ESTOQUE: UM  
ENFOQUE NO SETOR DE COMÉRCIO DE  
COSMÉTICOS E PRODUTOS ESTÉTICOS**

**Por,  
THOMAS EVERTON TEIXEIRA DE QUEIROZ  
18/0109952**

**Brasília, 7 de junho de 2024**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
Faculdade de Tecnologia  
Departamento de Engenharia de Produção

## Projeto de Graduação

# **OTIMIZAÇÃO DE POLÍTICAS DE ESTOQUE: UM ENFOQUE NO SETOR DE COMÉRCIO DE COSMÉTICOS E PRODUTOS ESTÉTICOS**

Por,

**THOMAS EVERTON TEIXEIRA DE QUEIROZ**

**18/0109952**

Relatório submetido como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro de Produção

### **Banca Examinadora**

Membro 1 (Orientador): Prof. Reinaldo Crispiano  
Garcia, Ph.D – UnB/EPR

Membro 2: Prof. Marcelo Carneiro Goncalves,  
Ph.D – UnB/EPR

Brasília, 7 de junho de 2024

## AGRADECIMENTOS

A conclusão desse ciclo representa um grande marco em minha vida, sendo uma ponte para novos desafios e experiências. Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todos que contribuíram e me apoiaram nessa trajetória.

Em primeiro lugar, quero agradecer aos meus pais, Jane Teixeira Lima de Queiroz e Damião Antônio Gomes de Queiroz, por sempre estarem ao meu lado, oferecendo conselhos, amor, incentivo e motivação para concluir meus objetivos. Seu apoio inabalável foi minha fonte de força durante os momentos desafiadores desta jornada, e o motivo pelo qual segui em frente sem hesitar. Sou grato também à minha namorada Vera Lúcia pelas palavras de admiração, por me fazer ser uma pessoa melhor e pela parceria que compartilhamos um com o outro.

Agradeço a Universidade de Brasília, que me proporcionou as ferramentas necessárias para me tornar um melhor profissional, e os conhecimentos e experiências que hoje formam minha bagagem acadêmica. Agradeço ao departamento de Engenharia de Produção e a todos os professores com os quais tive a oportunidade de aprender. Agradeço ao meu orientador Reinaldo Garcia, seus sábios conhecimentos e insights valiosos foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho e para o meu crescimento acadêmico e profissional, em especial no âmbito da Pesquisa Operacional.

Aos meus amigos e colegas de curso, que compartilharam comigo não apenas conhecimento, mas também risadas, apoio mútuo e memórias preciosas. Suas contribuições para discussões e trocas de ideias foram inestimáveis e enriqueceram significativamente minha visão de mundo.

Por fim, gostaria de expressar minha gratidão a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para este trabalho. Seu apoio e encorajamento foram essenciais para alcançar este marco em minha jornada acadêmica. Este trabalho não teria sido possível sem o apoio e a contribuição de cada um de vocês. Muito obrigado por fazerem parte desta jornada e por tornarem este momento possível.

*“Quem vence sem risco, triunfa sem glória...  
Não tenha medo da vida, não tenha medo de vivê-la...”*

**Augusto Cury**

## RESUMO

Com a crescente complexidade das cadeias de suprimentos globais, as empresas precisam adaptar suas estratégias de estoque para se manterem competitivas, assim, o estudo conecta diretamente o tema da otimização de estoque com os desafios contemporâneos na logística e cadeia de suprimentos, destacando como a globalização, as crises econômicas, e as mudanças tecnológicas estão transformando esses setores. A digitalização e a automação estão permitindo previsões mais precisas e uma gestão de estoque mais eficiente, enquanto as parcerias estratégicas e os sistemas de gestão avançados estão sendo implementados para enfrentar as incertezas e a volatilidade da demanda e, principalmente, com o objetivo de reduzir os principais custos das organizações, sendo o custo logístico muito representativo nesse âmbito. No entanto, o nível de qualidade do serviço é expresso também pelo nível de serviço logístico, o que demanda consistência na operação para todos os atores da cadeia de suprimentos, para que os produtos sejam entregues no momento correto, nas condições e quantidades acordadas. Nesse contexto, o artigo explora a otimização de políticas de estoque como uma estratégia crucial para melhorar a eficiência e reduzir custos em cadeias de suprimentos de uma empresa do setor de comércio de cosméticos e produtos estéticos. Inicialmente, apresenta-se um cenário onde a redução dos níveis de estoque não apenas diminui os custos de armazenagem, mas também garante uma gestão mais eficaz ao minimizar faltas de produtos, garantindo assim sua disponibilidade. A análise é expandida para 5 produtos selecionados, identificando um comportamento histórico para compor as premissas e projeções de políticas de estoque otimizadas, comparando os cenários simulados para as políticas (s,S) atuais e otimizadas. Com isso, foi possível comparar as estratégias de políticas de estoques e analisar as economias financeiras propostas pelo modelo proporcionadas pela otimização das políticas, assim como a redução no custo logístico total e na indisponibilidade de produtos decorrentes de suas faltas.

**Palavras-Chave:** Pesquisa Operacional; Otimização de Estoques; Logística; Simulação; Algoritmo de Simulação.

## ABSTRACT

The increasing complexity of global supply chains means companies need to adapt their inventory strategies to remain competitive. This study directly connects the topic of inventory optimization with contemporary challenges in logistics and supply chain, highlighting how globalization, economic crises, and technological changes are transforming these sectors. Digitalization and automation are enabling more accurate forecasts and more efficient inventory management, while strategic partnerships and advanced management systems are being implemented to face uncertainties and demand volatility, primarily with the aim of reducing the main costs of organizations, with logistic costs being very significant in this context. However, the quality level of the service is also expressed by the level of logistic service, which demands consistency in operation for all supply chain actors, ensuring that products are delivered at the right time, in the agreed conditions and quantities. In this context, the article explores the optimization of inventory policies as a crucial strategy to improve efficiency and reduce costs in the supply chains of a company in the cosmetics and beauty products sector. Initially, it presents a scenario where reducing inventory levels not only decreases storage costs but also ensures more effective management by minimizing stockouts, thus guaranteeing product availability. The analysis is expanded to five selected products, identifying historical behavior to form the assumptions and projections of optimized inventory policies, comparing the simulated scenarios for current and optimized (s,S) policies. Consequently, it was possible to compare the inventory policy strategies and analyze the financial savings proposed by the model provided by the optimization of policies, as well as the reduction in total logistic costs and product unavailability due to stockouts.

**Keywords:** Operational Research; Inventory Optimization; Logistics; Simulation; Simulation algorithm.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
1.1. OBJETIVO .....	17
1.1.1. OBJETIVO GERAL.....	17
1.1.2. OBJETIVO ESPECÍFICO.....	17
1.2. JUSTIFICATIVA .....	18
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO .....	19
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>20</b>
2.1. CADEIA DE SUPRIMENTOS (SUPPLY CHAIN) .....	20
2.1.1. DEFINIÇÃO DE CADEIA DE SUPRIMENTOS.....	20
2.1.2. IMPORTÂNCIA DA CADEIA DE SUPRIMENTOS.....	23
2.1.3. LOGÍSTICA <i>OUTBOUND</i> E CADEIA DE SUPRIMENTOS.....	26
2.2. PESQUISA OPERACIONAL E SIMULAÇÃO .....	34
2.2.1. ORIGEM, HISTÓRIA E FUNDAMENTOS .....	35
2.2.2. CONCEITOS E APLICAÇÕES DA SIMULAÇÃO .....	35
2.2.3. ETAPAS DE UM PROJETO DE SIMULAÇÃO.....	37
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>39</b>
3.1. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA .....	39
3.2. COLETA E ANÁLISE DOS DADOS.....	40
3.3. CRIAÇÃO E APLICAÇÃO DO MODELO DE OTIMIZAÇÃO .....	41
3.4. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	45
4. DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS .....	47
4.1. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA .....	47
4.2. COLETA E ANÁLISE DE DADOS .....	48
4.3. DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DO MODELO .....	52
4.4. RESULTADOS.....	54
5. CONCLUSÃO .....	60

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura do Supply Chain .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>	3
Figura 2: Diagrama da logística outbound .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>	6
Figura 3: Representação dos custos de estoque e custos de transporte ...	<b>Erro! Indicador não definido.</b>	7
Figura 4: Comportamento do estoque no modelo <i>Economic Order Quantity</i> .....		31
Figura 5: Exemplo da política $(s, Q)$ .....		33
Figura 6: Exemplo da política $(s, S)$ .....		33
Figura 7: Etapas de um projeto de simulação .....		38
Figura 8: Ferramenta <i>Input Analyser</i> .....		41
Figura 9: Programa de Desenvolvimento .....		42
Figura 10: Análise Gráfica do Estoque Atual x Otimizado .....		56
Figura 11: Número de Pedidos e Faltas por Política do Produto 3 .....		57
Figura 12: Custo Total por Política do Produto 3 .....		58

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Modelos de Gerenciamento de Estoques.....	32
---	----



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Evolução do conceito de logística .....	22
Tabela 2: Produtos Seleccionados .....	49
Tabela 3: Demanda histórica dos produtos .....	49
Tabela 4: Dados de lead time tratados .....	50
Tabela 5: Distribuição da demanda por produto .....	50
Tabela 6: Custo padrão de estoque .....	51
Tabela 7: Custo padrão de pedido .....	51
Tabela 8: Dados consolidados .....	52
Tabela 9: Total de combinações geradas por produto .....	53
Tabela 10: Resultado do modelo de simulação do Produto 1 .....	53
Tabela 11: Tabela resumo para produto 1 .....	54
Tabela 12: Resultado comparativo das políticas otimizadas (s,S).....	55
Tabela 13: Resumo da performance por política otimizada por produto .....	59

## 1. INTRODUÇÃO

A cadeia de suprimentos é um ciclo que se inicia no processo de fabricação de um produto e culmina na entrega ao consumidor final (CHRISTOPHER, 2016). Sendo assim, o conceito de cadeia de suprimentos (supply chain), possui uma forte relação com a logística. Ela abrange uma série de etapas interligadas que devem ser executadas de maneira sincronizada, incluindo as atividades desempenhadas por transportadoras. Essa complexa rede é composta por diversas organizações, denominadas elos, que colaboram em conjunto para otimizar os procedimentos e assegurar a satisfação do cliente.

É fundamental ressaltar que, em um cenário de crescente globalização, a influência da cadeia de suprimentos se estende muito além das fronteiras nacionais. A globalização econômica, que tem se intensificado nas últimas décadas, reconfigura significativamente o panorama das cadeias de suprimentos. A interconexão entre empresas, fornecedores e consumidores ocorre em escala global, demandando uma abordagem mais abrangente na gestão das cadeias de suprimentos (HUGOS, 2018).

Nesse contexto globalizado, a cadeia de suprimentos enfrenta desafios adicionais, como a gestão de fornecedores internacionais, questões relacionadas a regulamentações alfandegárias e tarifárias, variações cambiais e a necessidade de adaptar estratégias de distribuição para atender a mercados distantes (MENTZER ET AL., 2008). Dessa forma, a globalização torna a cadeia de suprimentos ainda mais complexa, mas também oferece oportunidades de expansão e acesso a novos mercados. Portanto, compreender a dinâmica da cadeia de suprimentos em um contexto globalizado é essencial para as empresas que desejam permanecer competitivas e atender às crescentes demandas dos consumidores em todo o mundo.

A eficácia da cadeia de suprimentos, e, por conseguinte, a satisfação do cliente, é influenciada por uma série de fatores, sendo que as atividades desempenhadas pelas empresas de logística possuem um papel essencial na cadeia de suprimentos, tendo um impacto direto no consumidor final. Cada etapa da cadeia de suprimentos é interdependente e afeta a eficiência global do processo, podendo resultar em desdobramentos tanto positivos quanto negativos, conforme destacado por Lambert et al. (1998). Portanto, é um equívoco considerar que a gestão da logística é exclusiva da empresa fabricante. Um erro em qualquer etapa da cadeia pode repercutir em todos os

elos. A título de exemplo, um varejista deve compreender as nuances da produção, como os períodos de sazonalidade, os prazos de entrega e as práticas de fornecimento (FAWCETT ET AL., 2007).

Em um contexto industrial e empresarial, a gestão da cadeia logística adquire maior complexidade. As transportadoras, embora situadas na fase final da cadeia, continuam desempenhando um papel crucial na eficiência do processo. Qualquer atraso na entrega ao consumidor final ou ao distribuidor (varejista) pode acarretar, inclusive, na quebra de contratos.

Compreender a cadeia de suprimentos é então essencial para otimizar os processos e garantir a satisfação do cliente, conforme amplamente discutido por diversos pesquisadores (SIMCHI-LEVI ET AL., 2008; CHOPRA E MEINDL, 2016). A gestão eficaz da cadeia de suprimentos é um processo conjunto que envolve a colaboração de todas as partes interessadas, desde a fabricação até a entrega ao consumidor final.

No atual cenário empresarial, a logística desempenha um papel central na promoção da lucratividade e no aumento do crescimento organizacional, sendo uma das áreas que tem evoluído e oferecido vantagens competitivas consideráveis, uma vez que seu objetivo primordial é atender às expectativas dos clientes (ABRAHAMSSON et al., 2003). O setor logístico tem passado por uma profunda reconfiguração nos últimos anos, impulsionado pelo avanço da globalização, o que tem gerado a necessidade de uma cadeia de suprimentos mais integrada, orientada por dados e apoiada por sistemas tecnológicos para respaldar a tomada de decisões (KILLE; SCHWEMMER, 2014).

A logística é definida como o processo de gerenciamento de todos os fluxos e informações que ocorrem entre os clientes, a organização e seus fornecedores, com o propósito de entregar produtos e serviços no tempo, quantidade e qualidade apropriados (MOURA, 2006). No contexto empresarial, as empresas concentram seus esforços em realizar a gestão de suprimentos, a administração da produção e a distribuição, que engloba todo o processo de embalagem, transporte e movimentação. Essas atividades logísticas são essenciais para garantir a eficiência e a eficácia das operações empresariais, contribuindo para o alcance dos objetivos organizacionais em um ambiente de negócios dinâmico e competitivo.

Existem duas áreas distintas e cruciais relacionadas ao gerenciamento da cadeia de suprimentos, que são a Logística Inbound e a Logística Outbound. Dehning (2007)

define a Logística Inbound como a parte do processo responsável pela gestão, aquisição e recebimento de materiais que serão posteriormente processados na unidade de fabricação. Essa área abrange não apenas aspectos relacionados às compras e ao sequenciamento de materiais, mas também a logística de transporte. Ela é responsável por gerenciar todas as entradas de materiais, desde a solicitação ao fornecedor até o armazenamento e a movimentação dos insumos para as linhas de produção.

No entanto, tão importante quanto a Logística Inbound é a Logística Outbound, que se concentra na distribuição eficiente dos produtos acabados aos clientes finais. A Logística Outbound é uma parte vital da cadeia de suprimentos e desempenha um papel fundamental na satisfação do cliente e na competitividade das empresas (MENTZER ET AL., 2001). O principal objetivo da Logística Outbound é garantir a entrega eficiente e eficaz de produtos, minimizando custos, maximizando a disponibilidade de produtos e mantendo a satisfação do cliente. Essa área desempenha um papel fundamental na cadeia de suprimentos, especialmente em setores como varejo e comércio eletrônico.

Mentzer et al. (2001) ressaltam a importância da Logística Outbound, indicando que a eficiência na distribuição de produtos e na entrega aos consumidores é um fator crítico para a satisfação do cliente e, portanto, para o sucesso das empresas, uma vez que determinam o nível de serviço entregue pela empresa. Um desempenho deficiente nessa etapa da cadeia de suprimentos pode resultar em atrasos, custos elevados e insatisfação do cliente, afetando diretamente a imagem da organização.

A Logística Outbound envolve a otimização de rotas de transporte, armazenamento eficiente de produtos, preparação de pedidos, carga e descarga, gestão de centros de distribuição, atendimento ao cliente e pós-venda e a coordenação de entregas para diferentes destinos. A utilização de tecnologia, como sistemas de rastreamento e gerenciamento de pedidos, desempenha um papel crucial na eficiência dessa área (FERNIE ET AL., 2003).

Um dos processos centrais na Logística Outbound é também o gerenciamento de estoque, que envolve a administração cuidadosa das quantidades de produtos disponíveis para atender à demanda evitando indisponibilidades e, ao mesmo tempo, otimizando os custos envolvidos, e o estudo para melhor determinar a quantidade dos novos pedidos, a fim de suprir o estoque corrente da empresa, não ultrapassando o ponto ótimo determinado.

Os estoques representam os produtos e insumos que são mantidos armazenados visando garantir a disponibilidade contínua dos produtos aos clientes finais. Os produtos armazenados diminuem à medida que os pedidos são despachados e, em resposta a essas flutuações, as empresas buscam aplicar diferentes métodos de gestão de estoque. Isso se deve por conta da importância de se manter um estoque à níveis coerentes com o que é despachado pela empresa e, além disso, garante uma melhor qualidade do serviço, diminuição dos custos logísticos globais, delimitação dos preços e disponibilidade dos produtos considerando as flutuações de demanda (GHIANI et al., 2004).

A disponibilidade de estoque é crucial em termos de nível de serviço ao cliente (CHOPRA E MEINDL, 2016). O nível superior de serviço prestado ao cliente é um componente distintivo da eficácia do desempenho da logística. A comunicação adequada entre nível de estoque e custos é necessária para alcançar a relação ideal (BOWERSOX E CLOSS, 2019). O nível do estoque implica custos significativos relacionados a ele, mas, ao mesmo tempo, é necessário para atender às necessidades do cliente. Assim, o balanceamento correto desses dois indicadores é um dos grandes desafios da gestão logística.

Para garantir a disponibilidade dos produtos sem gastar desnecessariamente, é essencial manter um eficiente nível de estoque. Segundo Waters (2008), as organizações enfrentam o desafio de encontrar o ponto ideal de estoque, garantindo suficiência para atender à demanda, mas evitando excessos que resultam em custos adicionais significativos

Encontrar o ponto ideal de estoque pode ser um desafio complexo, como observado por Watson (2013), já que envolve considerar diversas variáveis. Entre esses fatores estão os estoques de segurança, a variação no tempo de entrega dos fornecedores (lead time), flutuações na demanda, a capacidade total do espaço de armazenamento, entre outros. Diante dessa complexidade, as organizações adotam políticas de estoque para determinar a frequência de revisão, a quantidade a ser solicitada e o momento apropriado para fazer novos pedidos aos fornecedores.

Com base nisso, Taboada (2015) enfatiza a importância de implementar soluções tecnológicas na logística, colocando mais ênfase nos processos do que nos produtos. Portanto, tópicos incluindo a inovação tecnológica e o uso de aplicativos de TI aprimoram

a logística. A integração de tecnologias avançadas, incluindo Internet das Coisas, inteligência artificial e big data melhora a visibilidade e o controle de toda a cadeia de suprimentos. Além disso, inovações tecnológicas também melhoram a colaboração e a comunicação entre os parceiros da cadeia e facilitam uma logística mais ágil e responsiva.

A gestão de estoque está intimamente relacionada ao planejamento de demanda e às novas soluções tecnológicas emergentes na logística. A implementação de técnicas de previsão de demanda é essencial para determinar os níveis ideais de estoque, conforme destacado por Simchi-Levi et al. (2008). Além disso, a gestão de estoque envolve a coordenação com fornecedores. Uma colaboração eficaz com fornecedores pode ajudar a garantir o fornecimento oportuno de produtos, reduzindo a necessidade de altos níveis de estoque, como apontado por Monczka et al. (2015).

Por meio do controle de estoque, portanto, pode-se mostrar a quantidade de estoque que você possui a qualquer momento e reunir as métricas necessárias para acompanhá-lo aplicando-se a todos os itens usados para produzir um produto ou serviço, desde matérias-primas até o produto final. Um bom controle de estoque, por outro lado, permite que a empresa compre o que quiser e no momento certo. O controle de estoque eficiente assegura, por exemplo, que o capital não esteja ligado a ele sem motivo e, por outro lado, promove a prevenção de deficiências na cadeia de suprimentos.

Segundo Fernie e Sparks (2004), o bom controle de estoque é necessário para uma distribuição eficaz, que exige uma coordenação precisa dos níveis de estoque e das operações de transporte. Além disso, ter estoque disponível durante períodos de alta demanda é essencial para atender às necessidades dos clientes, como indicado por Lambert et al. (1998). Nesse contexto, as organizações frequentemente estabelecem políticas de gestão de estoque que determinam a periodicidade de revisão, as quantidades a serem solicitadas e o momento apropriado para iniciar novos pedidos aos fornecedores. No entanto, nem todas as empresas conseguem desenvolver políticas de estoque claramente definidas. Portanto, muitas delas recorrem à utilização de tecnologia e sistemas de apoio à tomada de decisões para analisar dados e aprimorar suas políticas de estoque, tornando-as mais precisas. Dessa forma, a interligação entre gestão de estoque e Logística Outbound é crucial para o sucesso das operações de distribuição e para a satisfação do cliente.

A TI integrada à logística tem um impacto significativo na otimização de processos e na eficiência operacional. O uso de soluções tecnológicas, incluindo sistemas de gerenciamento de transporte e sistemas de gerenciamento de armazém, bem como sistemas de rastreamento de mercadorias e ferramentas para análise de grandes quantidades de dados, facilita o gerenciamento mais preciso e em tempo real de suas operações. Por exemplo, a automação de processos logísticos por meio de TI reduz erros humanos, permite que as empresas aumentem a produtividade com o mesmo número de funcionários ou, inversamente, otimizem o número de pessoas envolvidas em processos. Além disso, é possível reduzir o custo das operações logísticas. Através do uso de algoritmos de otimização em sistemas de roteirização de transportes é possível encontrar a maneira mais eficiente de rota, economizando tempo e combustível.

A análise de dados é outra área em que a TI desempenha um papel crucial na logística. Ao coletar e analisar grandes volumes de dados, as empresas podem identificar tendências, prever demanda futura e tomar decisões informadas sobre a gestão de estoques, compras e distribuição. Essa abordagem orientada para a inovação tecnológica e a integração de sistemas de TI contribuem significativamente para melhorar a eficiência das operações logísticas, permitindo que as organizações otimizem seus processos e tomem decisões informadas com base em dados e análises precisas.

Com base nisso, a simulação computacional passa a ter um papel estratégico relevante no contexto empresarial, auxiliando as empresas a avaliarem, planejar e aprimorar suas operações. A simulação é uma ferramenta valiosa para a modelagem e análise de sistemas complexos, como as cadeias de suprimentos e o controle de estoques, permitindo testar diferentes cenários e estratégias antes da implementação real (Pidd, 2015).

Um dos benefícios significativos da simulação na logística é a capacidade de tomar decisões ancoradas no histórico de dados da empresa. Conforme destacado por Tavana et al. (2017), a simulação fornece uma base sólida para a tomada de decisões, permitindo que as organizações compreendam o impacto de suas escolhas logísticas e otimizem a alocação de recursos.

Uma das vantagens significativas da simulação em logística é a capacidade de tomar decisões com base no histórico da empresa. Como indicado por Tavana et al. (2017), a simulação fornece fundamentos sólidos para decisões lógicas que permitem às

organizações compreenderem o impacto de suas escolhas logísticas e otimizar a alocação de recursos. Ademais, a simulação também é um instrumento poderoso para habilidade de equipe e treinamento de funcionários. Como apontado por Robinson et al. (2015), a simulação oferece um ambiente de aprendizagem seguro, permitindo que os funcionários se familiarizem com os procedimentos logísticos e adquiram experiência prática antes de enfrentarem situações reais. Sendo assim, a simulação é uma ferramenta eficaz para identificar gargalos, ineficiências e oportunidades de melhoria nas operações logísticas, promovendo uma cultura de aprimoramento contínuo dentro da empresa.

Com base nisso, o presente trabalho tem como objetivo analisar a atual política de estoques de uma empresa de comércio de produtos do ramo cosmético e estético, a fim de desenvolver um modelo computacional para projeção da demanda e otimização das ordens de pedido, com foco em garantir uma melhor gestão de estoque da empresa. O estudo compreende a logística Outbound dentro da cadeia de suprimentos da empresa, que corresponde ao fluxo dos produtos e da informação do centro de produção até sua chegada no cliente final ou revendedor. O modelo de simulação é desenvolvido em Python, com auxílio do ambiente PyCharm Community Edition.

O propósito deste trabalho consiste na simulação do controle de estoque da empresa para 5 produtos diferentes utilizando estratégias de controle de estoques. A escolha dos produtos foi feita levando em consideração os custos para a empresa, a demanda histórica e o faturamento gerado por cada item. Uma curva ABC do faturamento foi utilizada para análise, na qual os produtos foram classificados de acordo com sua contribuição para o faturamento total da empresa, identificando aqueles que são responsáveis pela maior parcela do lucro. Dessa forma, o objetivo é realizar um estudo de previsão de demanda que possibilite estimar as ordens de compra necessárias para cada mês, bem como sua recorrência. Além disso, com base nessa projeção e na aplicação das ordens de pedidos, busca-se reduzir os custos logísticos, os quais englobam custos com transporte, custos de pedido e os custos de armazenagem.

O algoritmo construído simula o comportamento da demanda e do nível de estoque para cada produto selecionado por meio da geração de várias políticas diferentes de estoque e é utilizado para atingir o ponto de pedido que minimizará os custos da companhia. Por fim, será feito comparativo gráfico entre os cenários e a economia



resultante da otimização, o que permitirá identificar com maior certeza qual cenário é mais adequado ao conjunto de dados da empresa.

## **1.1. OBJETIVO**

Nesta seção, serão apresentados os objetivos do presente trabalho, visando à compreensão do enfoque da aplicação e as expectativas de resultados. Esses objetivos são delineados com base na análise do contexto da empresa e seu ramo, assim como na motivação subjacente à implementação.

### **1.1.1. OBJETIVO GERAL**

O objetivo principal deste trabalho é a implementação de um algoritmo de otimização das políticas de estoque e pontos de ressuprimento, visando a minimização dos custos associados e a redução de indisponibilidade de produtos quando comparado a atual política de estoque utilizada na empresa.

### **1.1.2. OBJETIVO ESPECÍFICO**

Com base no Objetivo Geral delimitado, os objetivos específicos foram listados da seguinte maneira:

- a. Analisar os dados atuais de demanda e políticas de estoque da empresa em questão para melhor entendimento dos fatores de relevância no controle de estoques;
- b. Desenvolver um modelo de otimização das políticas de estoque (s,S) em Python;
- c. Analisar os ganhos financeiros ao comparar as políticas (s,S) ótimas com as políticas atualmente utilizadas;
- d. Analisar graficamente o comportamento do estoque nos cenários de política (s,S) atual e otimizado.

Portanto, este trabalho realizará uma análise detalhada dos dados históricos de demanda, levando em consideração sazonalidades, tendências e variações, de modo a compreender as características específicas da demanda para os produtos em questão. Além disso, examinará criticamente as políticas de estoque atualmente em vigor, identificando pontos fortes e possíveis deficiências.

Criar um algoritmo robusto é também foco do trabalho, levando em consideração as premissas da organização, como limites de compras e o tempo de chegada do pedido, para otimizar as políticas de estoque e pontos de ressuprimento. Garantindo que o algoritmo seja eficiente e capaz de lidar com diferentes cenários de demanda e variações nos custos.

Outro fator relevante é reduzir os custos associados ao estoque, considerando aspectos como custos de armazenagem, custos de armazenamento e custos de pedidos. Dessa forma, busca-se atingir um equilíbrio que minimize o custo total ao longo do período, levando em conta as restrições operacionais e financeiras da empresa.

Com base nos resultados para cada política gerada, busca-se identificar a redução dos custos associados e o consequente ganho financeiro, quando comparado a atual política de estoques da empresa. Com suporte de representações gráficas do comportamento do estoque nos cenários atual e otimizado após a implementação do algoritmo de otimização.

## **1.2. JUSTIFICATIVA**

A Logística Outbound abrange o transporte e a distribuição de produtos desde o centro de produção até o consumidor final ou revendedor. Ela desempenha um papel de destaque na satisfação do cliente e na eficiência operacional das empresas, principalmente em empresas de varejo, sobretudo em um cenário de mercado globalizado e em constante transformação.

A complexidade da cadeia de suprimentos em um ambiente globalizado exige um entendimento profundo da logística outbound para assegurar a eficiência de toda a cadeia. Além disso, uma gestão inadequada de estoques e pedidos pode acarretar custos logísticos consideráveis, englobando transporte, armazenamento e despesas administrativas. A otimização desses processos tem o potencial de resultar em economias substanciais para

as empresas. Portanto, compreender como os diversos fatores impactam a logística é de suma importância.

A utilização da tecnologia, incluindo a simulação computacional e sistemas de informações, é uma tendência que está crescendo rapidamente na logística. A aplicação dessas tecnologias oferece a oportunidade de aprimorar a eficiência e a precisão das operações logísticas, justificando, assim, a investigação aprofundada.

A gestão adequada de estoques é fundamental para equilibrar custos e níveis de serviço ao cliente, uma vez que desempenham um papel crucial na atividade empresarial. No entanto, quando em excesso, podem comprometer a saúde financeira da empresa, representando um custo de oportunidade significativo (BALLOU, 2002). A aplicação de técnicas de previsão de demanda e políticas de estoque aprimoradas tem o potencial de gerar economias significativas, reforçando a necessidade de uma análise aprofundada do assunto.

Dessa forma, este trabalho busca propor um modelo computacional desenvolvido em Python para otimizar as políticas de estoque, minimizando os custos logísticos associados e as faltas de produtos que geram indisponibilidade, aplicado ao contexto de uma empresa de comércio de produtos cosméticos e estéticos, com fornecedor nacional sediado no Brasil.

### **1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO**

Este trabalho encontra-se dividido em seis capítulos, contemplando todos os elementos de aplicabilidade e pesquisa relativas ao tema. O primeiro capítulo apresenta a introdução, com um panorama contextual e menção dos principais conceitos relevantes ao tema. O segundo capítulo apresenta a fundamentação teórica, com o enquadramento dos conceitos principais de logística, cadeia de suprimentos e simulação, a fim de compreender a extensão dos elementos de atuação do ramo e embasar a aplicação pretendida. O terceiro capítulo descreve a metodologia da aplicação, desde a proposição do projeto até o desenvolvimento, com a explicação das etapas envolvidas. O quarto capítulo se concentra na aplicação do modelo e na apresentação dos resultados obtidos. O quinto capítulo aborda a conclusão do trabalho, destacando as análises dos resultados e considerações sobre o cenário da empresa em questão.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Neste capítulo serão abordadas as principais fundamentações teóricas relativas ao trabalho proposto, o que engloba os temas de (i) Cadeia de Suprimentos (Supply Chain) e (ii) Pesquisa Operacional e Simulação. O histórico, conceitos e aplicações destes temas serão abordados neste capítulo.

### **2.1. CADEIA DE SUPRIMENTOS (SUPPLY CHAIN)**

O objetivo de uma cadeia de suprimentos (Supply Chain) eficaz é otimizar os processos para garantir eficiência, reduzir custos e entregar produtos ou serviços de maneira oportuna, atendendo às demandas dos clientes. O conceito de cadeia de suprimentos é crucial na gestão de negócios e logística, e avanços tecnológicos levaram ao desenvolvimento de ferramentas e sistemas sofisticados para otimizar e aprimorar os processos de cadeia de suprimentos.

#### **2.1.1. DEFINIÇÃO DE CADEIA DE SUPRIMENTOS**

Nadler (1994) argumenta que, durante a década de 80, empresas enfrentaram pressões significativas que as levaram a reavaliar suas estratégias competitivas. Em primeiro lugar, a rápida aceleração da transformação tecnológica impulsionou a modificação das competências consideradas essenciais para a manutenção de uma vantagem competitiva, destacando a importância da competição baseada no tempo. Em segundo lugar, a competição cresceu e se intensificou consideravelmente. Terceiro, a globalização se tornou uma realidade das quais as empresas não podem fugir. As empresas agora competem em mercados globais, enfrentando diversos concorrentes. Isso implica que é impossível conceber mercados exclusivamente domésticos, com um conjunto de concorrentes conhecidos e facilmente comparáveis. Por fim, a quarta força reside no aumento das expectativas dos consumidores. Superar as expectativas dos consumidores em termos de preço, qualidade e serviços tornou-se a principal meta das empresas para garantir sua sobrevivência nesse novo cenário.

Antigamente, as atividades logísticas, incluindo transporte, gestão de estoques e processamento de pedidos, eram feitas de maneira desarticulada. Ou seja, as atividades eram realizadas levando em consideração apenas um objetivo, enquanto a logística pode ser entendida como a coordenação das partes para o alcance de um objetivo comum. Muitas vezes isso levava a atrasos e desalinhamentos de responsabilidades e objetivos entre as áreas das empresas. Diante disso, tornou-se necessário considerar a logística como um todo e introduzir o conceito de sistema. Com essa visão, torna-se possível compreender as inter-relações existentes entre as diversas atividades do sistema, ao observar o conjunto como um todo.

O valor na logística é manifestado em termos de "tempo" e "lugar". Produtos e serviços têm pouco ou nenhum valor a menos que estejam nas mãos dos consumidores no momento (tempo) e local (lugar) desejados por eles (Ballou, 1997).

A expressão "Supply Chain Management" (SCM) surgiu ao perceber a necessidade de integrar e gerenciar todas as atividades logísticas, tanto internas quanto externas, desde os fornecedores até os consumidores finais, criando assim uma cadeia de suprimentos. A cadeia de suprimentos de uma empresa de manufatura representa, em termos gerais, uma rede global de fornecedores, indústrias, armazéns, centros de distribuição e revendedores, por meio da qual a matéria-prima é adquirida, transformada e enviada aos consumidores.

Para otimizar o desempenho, as funções da rede de suprimentos devem operar de maneira coordenada e harmoniosa. No entanto, a dinâmica tanto da empresa quanto do mercado dificulta essa coordenação, com desafios como mudanças políticas, atrasos na entrega de materiais, falhas na produção, ausências de trabalhadores e alterações ou cancelamentos de pedidos pelos consumidores, causando desvios nos planos. Portanto, destaca-se a importância do gerenciamento das diversas atividades como um sistema integrado, em vez de abordá-las de forma isolada.

Cadeia de Suprimentos é um conceito que engloba uma rede de entidades interconectadas, organizações, recursos, atividades e tecnologias que trabalham em colaboração para movimentar um produto ou serviço desde a produção inicial ou aquisição de matérias-primas até o consumidor final. Ela envolve todo o processo de entrega de um produto ou serviço ao cliente, abrangendo estágios como aquisição,

fabricação, transporte, distribuição e varejo. Componentes-chave de uma cadeia de suprimentos incluem fornecedores, fabricantes, distribuidores, varejistas e consumidores.

Os avanços nos sistemas logísticos têm contribuído para superar as barreiras geográficas entre produção e consumo, abrindo caminho para a criação de vantagens competitivas por meio de práticas de gestão mais eficientes aliadas a cadeia de suprimentos. Recentemente, observa-se uma crescente atenção ao gerenciamento integral da cadeia de suprimentos, conhecida como Cadeia de Suprimentos Management (SCM), reconhecendo que novas oportunidades de negócios estão intrinsecamente ligadas à coordenação e colaboração entre os participantes dessa cadeia (BALLOU, 2006).

Tabela 1 – Evolução do Conceito de Logística

	<b>Primeira Fase</b>	<b>Segunda Fase</b>	<b>Terceira Fase</b>	<b>Quarta Fase</b>
<b>Perspectiva</b>	Atuação	Integração	Integração	Integração
<b>Dominante</b>	Segmentada	Rígida	Flexível	Estratégica (SCM)

Fonte: Adaptado de Novaes (2007)

Na atual conjuntura logística, destaca-se uma alteração substancial em relação às fases antecedentes, caracterizada pela dissolução das fronteiras operacionais entre os diversos elementos da cadeia. O atributo preponderante nesta quarta fase é discernido por elementos específicos. Inicialmente, observa-se uma orientação primordial voltada para a obtenção da plena satisfação do consumidor final. As operações logísticas são direcionadas de maneira a atender de maneira eficaz e personalizada às demandas e expectativas do cliente.

Como ilustrado na Figura 1, a quarta fase é notável pela intensificação da interconexão entre os variados parceiros da cadeia logística. Registra-se um compartilhamento recíproco de informações operacionais e estratégicas, visando aprimorar a coordenação e eficácia das operações, otimizando, assim, a tomada de decisões conjuntas. A formação de parcerias sólidas entre fornecedores e clientes é uma tendência proeminente. Essa abordagem colaborativa propicia uma integração mais estreita nas relações comerciais, visando benefícios mútuos e uma gestão mais eficiente das operações logísticas.

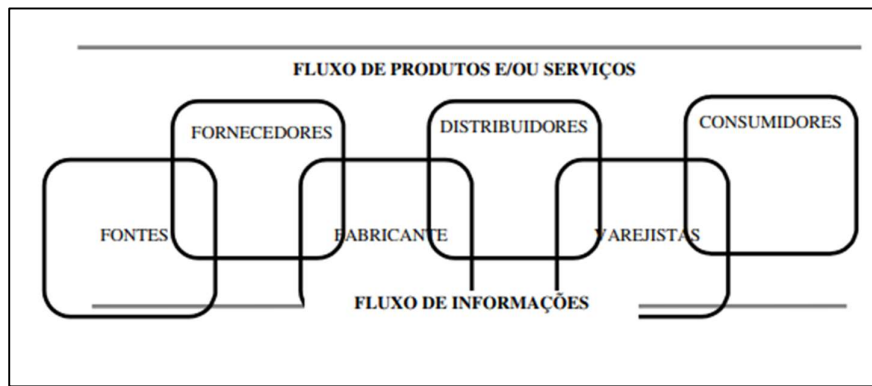


Figura 1 – Estrutura do Cadeia de Suprimentos

Fonte: adaptado de Anderson Consulting, In: CHRISTOPHER, M. 1997

O imperativo central nesta fase consiste então em agregar o máximo valor ao consumidor final, eliminando desperdícios e reduzindo custos ao longo de toda a cadeia logística. Esta abordagem visa aprimorar a eficiência operacional, proporcionando, assim, uma entrega de valor superior ao cliente final.

Estes elementos delineiam a complexidade e dinamismo da logística contemporânea, destacando-se pela integração mais profunda entre os agentes da cadeia de suprimentos e pela focalização inegável na satisfação do consumidor e otimização global dos processos.

### 2.1.2. IMPORTÂNCIA DA CADEIA DE SUPRIMENTOS

Atualmente, na era da globalização e com transformações substanciais nos padrões de consumo, as soluções de Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (SCM) emergem como ferramentas essenciais para a otimização das operações empresariais. Essas soluções desempenham um papel crucial tanto dentro quanto fora das organizações, uma vez que permitem integrar e coordenar os fluxos de informação e materiais. Assim, existem quatro principais funções empresariais abordadas pelas soluções de SCM:

### 1. Entrada de Pedidos e Gestão da Demanda;

Engloba processos relacionados à recepção e processamento de pedidos, bem como a gestão eficiente da demanda, fundamentais para à adequação da produção e realização das ordens de pedidos às necessidades do mercado ao qual está inserido.

### 2. Abastecimento e Relações Estratégicas com Fornecedores;

Enfatiza a importância da colaboração efetiva com fornecedores, promovendo relações estratégicas que visam garantir o suprimento constante de materiais e insumos necessários à produção e à comercialização, no caso de revenda de produtos.

### 3. Fabricação;

Aborda os procedimentos inerentes à produção, destacando a relevância de processos eficazes e eficientes na transformação de matérias-primas em produtos acabados.

### 4. Distribuição e Transporte;

Enfoca a fase de distribuição e transporte, ressaltando a importância de uma logística ágil e bem-estruturada para garantir a entrega eficaz dos produtos aos consumidores.

Segundo Novaes (2007), o SCM não apenas se posiciona como uma ferramenta operacional, mas também como uma vantagem competitiva inestimável. O interesse crescente no tema é respaldado por exemplos notáveis de sucesso, como a experiência da Miliken, pioneira na adoção do SCM na década de 80, alcançando resultados notáveis em parcerias estratégicas com a Seminal e a Walmart.

Grandes indústrias como as de bebidas investem pesado em softwares de ponta que auxiliam na reorganização da distribuição de acordo com variáveis que incluem horários de pico e nível do tráfego. Esse dinamismo e eficiência no planejamento logístico possibilitam a minimização de custos e a maximização da eficiência operacional, atendendo às demandas variáveis do mercado.

Em um contexto globalizado e dinâmico, o SCM emerge como uma ferramenta estratégica, capacitando as empresas a adaptarem-se às mudanças nos hábitos de consumo e a enfrentarem os desafios impostos pela complexidade do mercado contemporâneo. A capacidade de integração, colaboração e adaptação dinâmica garante não apenas uma



resposta às demandas atuais, mas também um elemento crucial na modelagem do futuro das operações empresariais.

De maneira global, a Cadeia de Suprimentos, associado à logística, compreende vários setores de uma empresa, desempenhando um papel essencial na cadeia de produção. Essa interligação é dividida em áreas específicas, embora interdependentes. Conforme a classificação de Ballou (2011), os componentes típicos da logística incluem serviços ao cliente, previsão de demanda, comunicações de distribuição, controle de estoque, manuseio de materiais, processamento de pedidos, peças de reposição, serviços de suporte, escolha de locais para fábrica e armazenagem (análise de localização), embalagem, manuseio de produtos devolvidos, reciclagem de sucata, tráfego e transporte, além de armazenagem e estocagem.

Organizando esses componentes, destacam-se atividades-chave como Serviço ao Cliente, Transporte, Gerência de Estoques e Fluxo de Informação e Processamento de Pedidos. Ballou (2011) mais tarde complementa essas atividades-chave com as atividades de suporte, envolvendo armazenagem, manuseio de materiais, compras, embalagens e manutenção de informações.

No entendimento de Ballou, esses processos constituem o sistema logístico, uma rede integrada de pessoas, processos, informações e recursos. Este sistema orienta o fluxo dos produtos desde o fornecedor até o consumidor final. Uma análise mais detalhada revela três subsistemas principais:

(i) Compras: Responsável pela contratação, compras e transporte de matérias-primas para as unidades produtivas.

(ii) Produção: Envolve a transformação dos insumos em produtos acabados por meio da manufatura.

(iii) Distribuição: Consiste no transporte dos produtos acabados para centros de distribuição e/ou para os clientes finais (FARAHANI et al., 2011). Essa integração desses processos torna-se cada vez mais crucial em um cenário globalizado, refletindo a complexidade das operações empresariais modernas e a necessidade de uma abordagem estratégica na gestão logística.

### 2.1.3. LOGÍSTICA *OUTBOUND* E CADEIA DE SUPRIMENTOS

No âmbito da logística, a gestão da cadeia de suprimentos pode ser desdobrada em dois processos principais, os quais estão integrados: a logística de entrada (*inbound*) e a logística de saída (*outbound*). A componente de *inbound* refere-se às operações associadas ao fluxo de materiais e informações de insumos diretos e indiretos, desde a saída do fornecedor até o recebimento na fábrica. Por outro lado, o fluxo da logística *outbound* corresponde ao movimento dos produtos e das informações do centro de produção até atingir o cliente final ou revendedor (TAKITA, 2017).

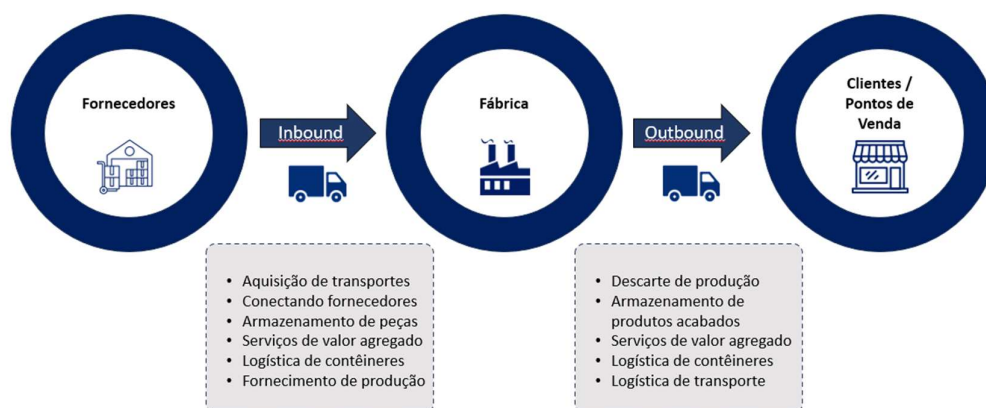


Figura 1: Diagrama da logística outbound

Fonte: Autoria Própria

A logística outbound representa um processo complexo no âmbito da gestão da cadeia de suprimentos, demandando avançados procedimentos de planejamento para assegurar a entrega eficiente de produtos acabados aos clientes ou revendedores. Esta etapa envolve a coordenação cuidadosa para garantir que os produtos certos estejam disponíveis em quantidades adequadas e no momento preciso.

Assim como na logística inbound, os processos relacionados ao planejamento na logística outbound são desafiadores devido à constante variação de dados em um ambiente incerto. A seção de planejamento da logística corporativa continua a ser dividida em três camadas: estratégica, tática e operacional, cada uma desempenhando um papel específico. A estratégica é responsável por estabelecer diretrizes, inovações, contratos e

abordagens inovadoras. A tática engloba o design dos processos e respostas ágeis às mudanças necessárias no cenário corporativo. Por fim, a camada operacional executa as atividades diárias, incluindo a expedição de produtos, gestão de estoques, e contratação de serviços de transporte, entre outros (ALBADRANI et al., 2020).

O planejamento logístico, portanto, deve ser contínuo para garantir adaptabilidade e ajustes nas estratégias durante a execução. A complexidade do plano é inerente à natureza dinâmica dos dados logísticos. O objetivo primordial do planejamento logístico outbound é garantir a disponibilidade eficaz de produtos, ao mesmo tempo em que minimiza os custos logísticos associados. Os cinco principais custos envolvidos no processo logístico de distribuição incluem: (i) custo de produtos acabados, (ii) custo de transporte de produtos acabados, (iii) custos de distribuição, (iv) custos de transporte de produtos acabados para armazéns e (v) custos de estoque (FARAHANI et al., 2011).

Na figura 3 é possível observar a intersecção entre os custos de estoque e os custos totais, e ainda observar que existe um ponto de minimização entre ambos:

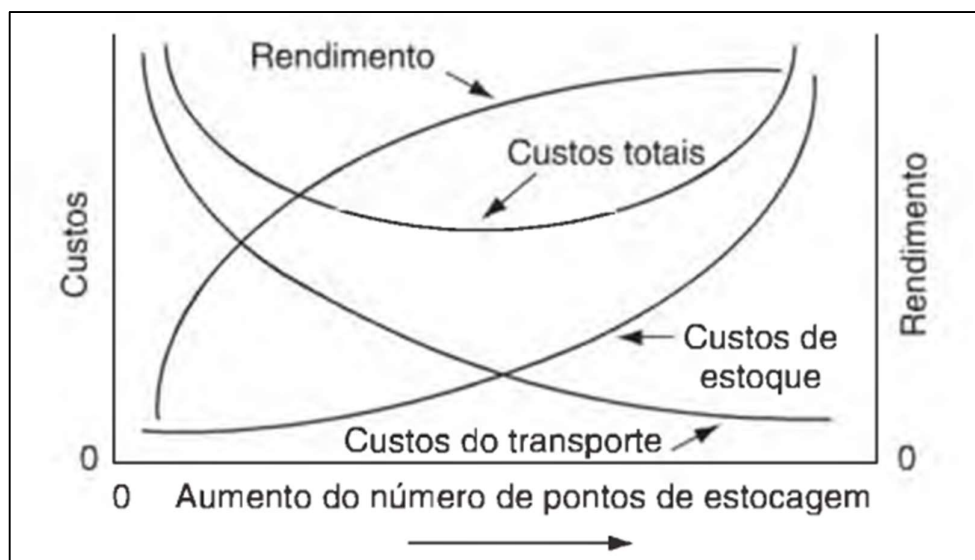


Figura 3: Representação dos custos de estoque e custos de transporte

Fonte: Ballou, 2006

Conseqüentemente, o planejamento da cadeia logística no âmbito outbound torna-se essencial como orientador das atividades, ao mesmo tempo em que visa minimizar os custos, identificando os níveis adequados de estoque e a frequência ótima de envio. No

entanto, pode ser desafiador analisar o trade-off entre os custos de transporte e os custos de estoque, já que isso implica na avaliação de dados não lineares e várias variáveis. Por exemplo, os dados podem diferir entre os locais de entrega e os produtos e, portanto, precisam ser cuidadosamente estudados.

Outro tema relevante quando se trata de logística é o estoque. Os estoques desempenham um papel fundamental em diversos setores da economia, sendo um componente estratégico para o sucesso das operações comerciais. Eles representam a reserva de mercadorias ou produtos que uma empresa mantém para atender à demanda dos clientes, garantir a continuidade das operações e otimizar a cadeia de suprimentos.

A gestão de estoques é uma disciplina crucial para as organizações, pois impacta diretamente a eficiência operacional, os custos e a satisfação do cliente. Manter um equilíbrio adequado nos níveis de estoque é desafiador, exigindo a aplicação de práticas e técnicas eficientes. O sucesso da aplicação dessa prática de controle eficiente de estoque garante a empresa uma operação mais alinhada à demanda e tendências do setor em que está inserida.

Um dos principais objetivos da gestão de estoques é evitar a falta de produtos, garantindo que a empresa possa atender à demanda do mercado de maneira oportuna. A escassez de estoque pode resultar em perda de vendas, insatisfação do cliente e danos à reputação da empresa. Por outro lado, o excesso de estoque pode levar a custos adicionais, como armazenamento, obsolescência e depreciação de produtos.

Diversas estratégias são empregadas na gestão de estoques para otimizar o equilíbrio entre oferta e demanda. A implementação de sistemas de previsão de demanda, a adoção de práticas *just-in-time* e a utilização de tecnologias avançadas, como sistemas de gestão de estoque automatizados, são algumas das abordagens comuns.

A classificação dos produtos em categorias, como perecíveis, sazonais ou de alto giro é essencial para determinar as melhores práticas de gestão para cada tipo de item. A aplicação de políticas de *reorder point* (ponto de reposição) e o estabelecimento de estoques de segurança são práticas comuns para lidar com a variabilidade na demanda e garantir a disponibilidade contínua dos produtos.

A tecnologia também desempenha um papel crucial na modernização da gestão de estoques. Sistemas informatizados permitem o rastreamento em tempo real, a

automação de processos e a integração eficiente com outros setores da empresa, proporcionando maior visibilidade e controle sobre os estoques.

Em seu trabalho referente a 2006, Ballou oferece uma classificação mais abrangente das categorias de estoque, dividindo-as em cinco categorias distintas. Cada uma dessas seções oferece uma visão diferente do propósito e funcionamento dos estoques em uma cadeia de suprimentos eficiente: a primeira categoria identificada é a dos “estoques do canal”. Esses estoques referem-se aos produtos a serem despachados do fornecedor à unidade de produção. Eles são capazes de interromper completamente a cadeia produtiva da empresa, uma vez que a incapacidade de entregar se manifestará em uma falta de produtos a serem processados.

A segunda categoria, denominada "estoques de especulação", aborda a reserva estratégica de produtos mantida de forma especulativa. Esses estoques são estrategicamente retidos para momentos em que os preços superam as demandas, permitindo que a empresa capitalize oportunidades de mercado favoráveis.

Os "estoques regulares" formam a terceira categoria identificada por Ballou. Esses estoques são destinados a manter a oferta de produtos de forma constante, atendendo às demandas regulares da produção ou dos consumidores. Essa categoria desempenha um papel central na estabilização da cadeia de suprimentos.

A quarta categoria, intitulada “estoques de segurança”, é crucial para a mitigação de riscos associados à variabilidade da demanda. Esses estoques são mantidos como precaução para enfrentar flutuações imprevistas, garantindo que a empresa esteja preparada para atender à demanda mesmo em cenários de incerteza, ou seja, mantendo-se firme frente a situações não planejadas que podem influenciar no abastecimento da empresa com novos produtos.

A última categoria delineada é a dos "estoques obsoletos". Esses estoques são caracterizados por produtos que podem sofrer deterioração, atingir a data de validade ou enfrentar adversidades como roubo. Gerenciar eficazmente esse tipo de estoque é essencial para evitar perdas financeiras e garantir a integridade da cadeia de suprimentos.

Essa abordagem de classificação proposta por Ballou fornece uma estrutura conceitual valiosa para entender a natureza multifacetada dos estoques dentro de uma

cadeia de suprimentos, destacando a importância de estratégias diferenciadas para gerenciar cada categoria de maneira eficiente.

O gerenciamento de estoques envolve uma série de atividades, e como resultado, são incorridos diversos custos ao longo desse processo. Estes custos estão relacionados a diferentes fases, tais como os custos de compra, que derivam da contratação de fornecedores, aquisição de matéria-prima, transporte e recebimento de cargas. Além disso, os custos de manutenção de estoque abrangem aspectos como equipe, manutenção, seguro e o espaço físico necessário para armazenamento.

Adicionalmente, é importante considerar os custos de falta, que surgem quando há uma demanda não atendida devido à escassez de insumos e/ou produtos acabados. Esses custos estão relacionados aos impactos negativos que a falta de disponibilidade de produtos pode causar na satisfação do cliente e nas oportunidades de venda.

Devido a esses fatores, é imperativo realizar um controle efetivo de estoque, abrangendo todas as etapas de compras, monitoramento, produção e transporte. Essa prática é essencial para garantir a disponibilidade contínua de produtos, ao mesmo tempo em que procura minimizar os custos associados. O processo de controle de estoque desempenha um papel crucial ao responder questões fundamentais, como quais itens manter em estoque, o momento adequado para efetuar novos pedidos e a quantidade a ser requisitada. Segundo Farahani et al (2011), essas considerações estratégicas são essenciais para a eficiência operacional.

A Quantidade Econômica de Pedido (EOQ - Economic Order Quantity) consiste no cálculo da quantidade fixa de pedido que minimiza os custos logísticos. Harris foi o criador do modelo em 1915, porém Wilson (1934) recebeu grande parte dos créditos, pois testou o modelo e analisou os resultados em diferentes cenários. O modelo EOQ é usado para determinar a quantidade ideal de pedido de um produto. Essa quantidade ideal de pedido leva a custos mínimos de estoque para fornecer benefícios máximos. Tecnicamente, o modelo de inventário EOQ é um modelo de aquisição ou fornecimento de matérias-primas em uma empresa. O modelo EOQ é usado para determinar o número de pedidos que atendem ao custo total, de modo a não haver falta de estoque. A maioria dos modelos EOQ considera apenas um único produto.

Além disso, a utilização do Lote Econômico de Compras possibilita um melhor controle sobre o estoque, visando a antecipação da demanda e determinando a quantidade

ideal dos produtos, influenciada pela variação da taxa de juros e inflação. Este modelo é fundamental para a gestão de estoques, permitindo a determinação de intervalos de pedido que apresentam menores custos logísticos.

O modelo EOQ considera que os preços e os custos são constantes, premissa que desconsidera as flutuações de mercado e as negociações de preço, o que torna esse modelo pouco prático. Além disso, não permite a indisponibilidade de produtos e o Lead Time é igual a zero, ou seja, o estoque é abastecido quando é feito o pedido, uma simplificação que não se aplica a realidade da empresa estudada.

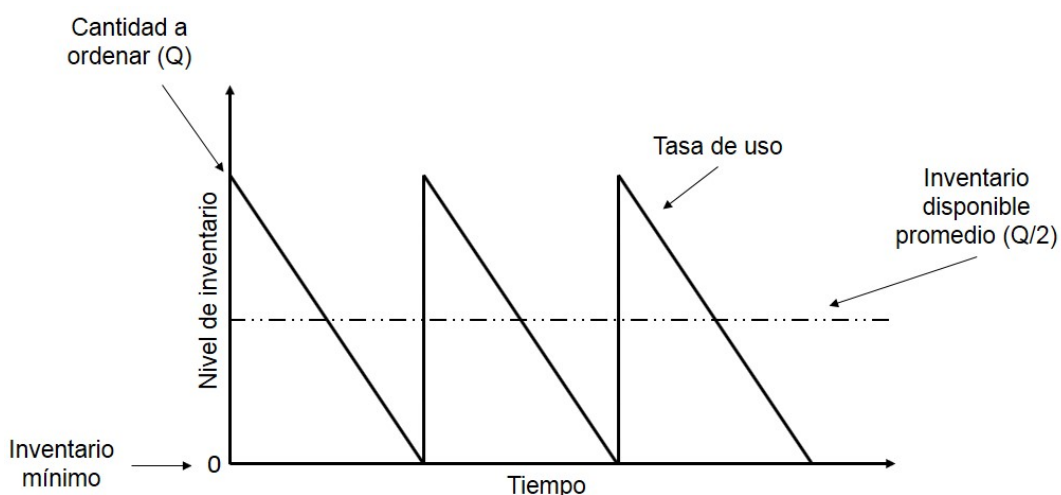


Figura 4: Comportamento do estoque no modelo de *Economic Order Quantity*

Fonte: Betancourt (2017)

Protil e Moreira (2002) desenvolveram modelos de gestão de estoque, classificando-os em duas categorias principais: aqueles que adotam o nível de estoque como referência, utilizando a quantidade de itens no estoque como alerta, e aqueles que empregam o ritmo ou tempo de pedido, realizando análises periódicas para verificar se o ponto de pedido foi ultrapassado.

#### 1. Modelos com Nível de Estoque como Referência.

Estes modelos monitoram continuamente o nível de estoque atual e estabelecem um ponto de pedido que serve como alerta para reabastecimento quando o estoque atinge um determinado nível. Ao atingir ou cair abaixo desse ponto, é gerado um novo pedido

para repor o estoque. Essa abordagem é frequentemente adotada em sistemas de inventário contínuo.

## 2. Modelos com Ritmo ou Tempo de Pedido.

Nesses modelos, o estoque é avaliado em intervalos regulares de tempo. O ponto de pedido é verificado em momentos específicos e, caso o estoque esteja abaixo desse ponto, um pedido é emitido. Essa abordagem está associada a sistemas de inventário periódico, nos quais a verificação e o pedido ocorrem em intervalos fixos de tempo.

Quadro 1: Modelos de gerenciamento de estoques

Estratégia	Balizador	Descrição
$s, q$	nível de estoque	Caso nível de estoque seja igual ou menor do que $s$ , um pedido com $q$ unidades é disparado. As $q$ unidades devem ser o mais próximo do lote econômico de compra.
$s, S$	nível de estoque	Quando o nível do estoque existente atingir ou ultrapassar o ponto de pedido, este nível é elevado até um limite máximo $S$ . Estabelecendo-se o limite máximo (=estoque máximo) impede-se a formação de reservas desnecessárias de materiais.
$t, q$	ritmo do pedido	A reposição do estoque é realizada com uma quantidade $q$ em intervalos constantes de tempo $t$ .
$t, S$	ritmo do pedido	Caso ocorra movimentação de estoque, a reposição do estoque é realizada em intervalos constantes de tempo $t$ até um nível máximo $S$ .
$t, s, q$	ritmo do pedido	O nível de estoque é controlado em intervalos constantes de tempo $t$ . Caso o ponto de pedido $s$ for atingido ou ultrapassado, o estoque é repostado com a quantidade $q$ .
$t, s, S$	ritmo do pedido	O nível de estoque é controlado em intervalos constantes de tempo $t$ . Caso o ponto de pedido $s$ for atingido ou ultrapassado o estoque é reabastecido até o nível máximo $S$ .

Fonte: Adaptado de Protil; Moreira, 2002

A primeira política, conhecida como política do  $(s, Q)$ , é uma metodologia na qual, quando o nível de estoque atinge o ponto de pedido 's', é realizado um pedido para reabastecer o estoque com uma quantidade equivalente ao lote econômico de compra, representado por  $Q$ . (BRUNAUD, 2019).



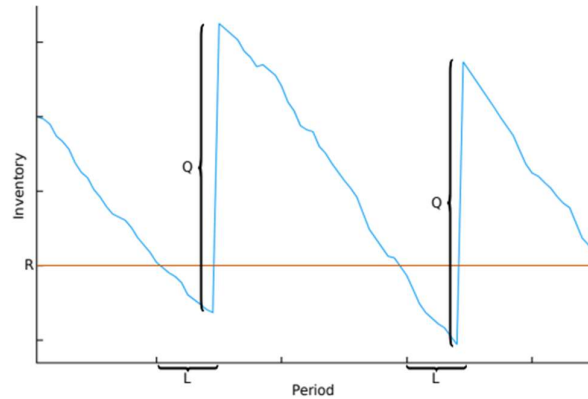


Figura 5: Exemplo da política  $(s, Q)$

Fonte: Brunaud, 2019

Uma das estratégias amplamente adotadas nas empresas é a política do ponto de pedido, também conhecida como  $(s, S)$ . Nesse modelo, o parâmetro 's' representa o ponto de pedido, enquanto 'S' é o nível máximo de estoque permitido. Quando o estoque atual atinge ou fica abaixo de 's', um novo pedido é gerado, sendo a quantidade do pedido definida como ' $Q = S - \text{Estoque Atual}$ '. Ou seja, essa estratégia constrói uma linha imaginária da quantidade mínima de estoque admitida para a realização de um novo pedido. Para obter os parâmetros ótimos neste sistema a técnica de simulação pode ser aplicada para assim determinar os níveis  $(s, S)$  que minimizam os custos totais. A simulação é utilizada principalmente em cenários de demanda sujeitos a incertezas (GHIANI et al., 2004).

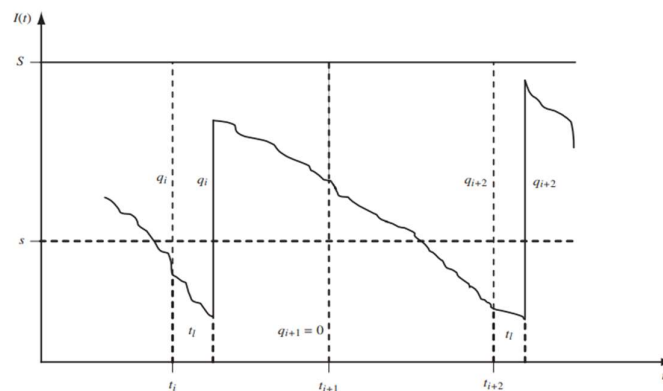


Figura 6: Exemplo da política  $(s, S)$

Fonte: GHIANI *et al*, 2004.

É possível inferir que cada modelo possui vantagens e desvantagens, as quais estão intrinsecamente ligadas ao contexto específico em que são aplicados, considerando fatores como regularidade ou irregularidade na demanda, a presença ou ausência de tempo de espera para reabastecimento, e a uniformidade ou variação dos custos, entre outras situações.

Devido à imperatividade de evitar custos associados à escassez de insumos e garantir a manutenção dos níveis de serviço e satisfação do cliente final, os estoques de segurança são mantidos, especialmente em cenários nos quais a demanda, o tempo e a quantidade de ressuprimento variam ao longo do tempo (SCHMIDT et al., 2012). Adicionalmente, diante da incerteza inerente à demanda e aos prazos de entrega por parte dos fornecedores, os estoques de segurança desempenham o papel de assegurar a disponibilidade dos produtos, mesmo diante de flutuações e eventos externos que possam impactar os níveis de estoque (MINNER, 2019).

O estoque de segurança pode ser obtido a partir da seguinte expressão (CORRÊA E CORRÊA, 2005).

$$ES = K * \sqrt{(TR * S_D)^2 + (D * S_{TR})^2 + (S_D * S_{TR})^2} \quad (2)$$

onde:  $K$  = fator de segurança (quantidade de desvios padrão da demanda no tempo de resposta)

$TR$  = Tempo de resposta do ressuprimento, em unidades de tempo

$S_D$  = Desvio padrão da demanda

$D$  = Demanda média no período;

$S_{TR}$  = Desvio padrão do tempo de resposta.

## 2.2. PESQUISA OPERACIONAL E SIMULAÇÃO

A pesquisa operacional é um campo interdisciplinar que se fundamenta em princípios matemáticos, lógicos, estatísticos e de ciência da computação. Sua aplicação se estende à resolução de problemas complexos em organizações, enfrentando diversas

restrições. Esse domínio de estudo tem desempenhado um papel crucial ao possibilitar a aplicação de tomadas de decisão mais lógicas e benéficas para as operações empresariais. Através da modelagem matemática e técnicas analíticas, a pesquisa operacional contribui para otimizar processos, gerenciar recursos de forma eficiente e enfrentar desafios organizacionais de maneira estratégica. Essa abordagem sistemática tem se revelado essencial na análise e solução de problemas que envolvem múltiplos fatores e variáveis, fornecendo insights valiosos para a gestão eficaz das operações.

### **2.2.1. ORIGEM, HISTÓRIA E FUNDAMENTOS**

O crescimento e a especialização contínuos das organizações têm gerado desafios empresariais cada vez mais complexos, demandando soluções eficientes. Diante desse cenário, a pesquisa operacional emergiu como uma das primeiras abordagens científicas nas operações organizacionais, visando encontrar o melhor caminho para resolver problemas em diversas áreas.

A necessidade de lidar com eventos complexos levou ao desenvolvimento da técnica de simulação dentro da pesquisa operacional. Com o advento dos computadores e o avanço nas linguagens de programação e softwares, a aplicabilidade desses modelos se expandiu consideravelmente.

Loesch e Hein (2017) destacam que os fundamentos da pesquisa operacional residem na matemática, análise de sistemas e estatística. A utilização de computadores é essencial para processar e obter resultados, dada a alta complexidade dos modelos matemáticos, tornando inviável a resolução manual. Essa interação entre a pesquisa operacional e a tecnologia computacional proporciona abordagens mais eficazes na resolução de problemas empresariais, contribuindo para a tomada de decisões estratégicas e eficientes no ambiente organizacional em constante evolução.

### **2.2.2. CONCEITOS E APLICAÇÕES DA SIMULAÇÃO**

A prática da simulação é uma abordagem valiosa na compreensão e previsão do comportamento de sistemas, analisando eventos de forma sequencial para obter insights

estatísticos. Segundo Hillier e Lieberman (2013), esse método oferece uma visão aprofundada das dinâmicas do sistema ao simular suas possíveis entradas e saídas.

A simulação pode ser categorizada como computacional ou não computacional. Na não computacional, a replicação de eventos reais ocorre sem depender do processamento computacional. Por outro lado, a simulação computacional requer poder computacional para criar eventos e analisar resultados, conforme destacado por Medina (2006).

A definição de simulação computacional por Freitas (2001) destaca seu caráter matemático e digital, utilizado para imitar operações ou processos do mundo real. Diversos modelos são empregados na simulação computacional, dada a variabilidade no comportamento das variáveis em modelos reais. Freitas (2001) apresenta abordagens de modelos de simulação com base em seus objetivos: previsão, investigação, comparação, específicos e genéricos. Cada abordagem atende a diferentes propósitos, desde antecipar o futuro comportamento de um sistema até criar sistemas de apoio à decisão em organizações.

De acordo com Loesch e Hein (2017), as origens da pesquisa operacional encontram-se na matemática, na análise de sistemas e na estatística. Aliás, o meio que frequentemente é empregado na compilação e no retorno de resultados é o computador, uma vez que os modelos matemáticos são geralmente de alto grau de complexidade, o que torna a solução manual pouco viável.

Andrade (2015) destaca cenários justificando o uso da simulação, como em situações em que um sistema ainda não existe, quando os testes em sistemas reais são economicamente inviáveis, ou quando a experimentação real é inadequada, como em simulações de catástrofes. A aplicação da simulação é vasta, abrangendo setores como financeiro, manufatura, logística e transporte, fornecendo insights valiosos para otimização de processos e alocação de recursos. Essas aplicações cotidianas em diversos setores evidenciam a versatilidade da simulação, tornando-a uma ferramenta essencial na compreensão e melhoria de sistemas complexos.

### 2.2.3. ETAPAS DE UM PROJETO DE SIMULAÇÃO

Hillier e Lieberman (2013) oferecem uma visão detalhada das fases envolvidas em um estudo de pesquisa operacional baseado em simulação, apresentando os passos na condução de um projeto de simulação real.

Na etapa inicial, há a formulação do problema e o planejamento do estudo, exigindo uma compreensão aprofundada do problema em questão, a identificação de objetivos e a definição das questões a serem abordadas. O segundo passo abrange a coleta de dados e a construção do modelo de simulação, envolvendo a análise de informações cruciais, como intervalos entre eventos, distribuição de demanda e tempos de atendimento. A representação do sistema é então esboçada por meio de um diagrama de fluxo.

A terceira fase foca na validação do modelo, assegurando sua precisão por meio da colaboração com os clientes do projeto para garantir que o fluxo representado no modelo seja congruente com a realidade. A escolha do software para a implementação do programa de simulação constitui o quarto passo, com a definição da plataforma ou linguagem de programação a ser utilizada. Posteriormente, o modelo é submetido a testes para validar sua consistência.

O sexto passo aborda o planejamento das simulações, determinando as configurações do sistema e os padrões de comportamento dos componentes para garantir uma representação precisa da realidade. Por fim, as execuções são realizadas e os resultados são analisados, permitindo a interpretação e a tomada de decisões informadas em relação ao modelo (Hillier; Lieberman, 2013).

A Figura 7 ilustra de forma gráfica os passos do projeto de simulação, proporcionando uma síntese visual das etapas de concepção, implementação e análise do projeto, conforme descrito por Oliveira (2010), e semelhante às abordagens sugeridas por outros autores na área de pesquisa operacional.

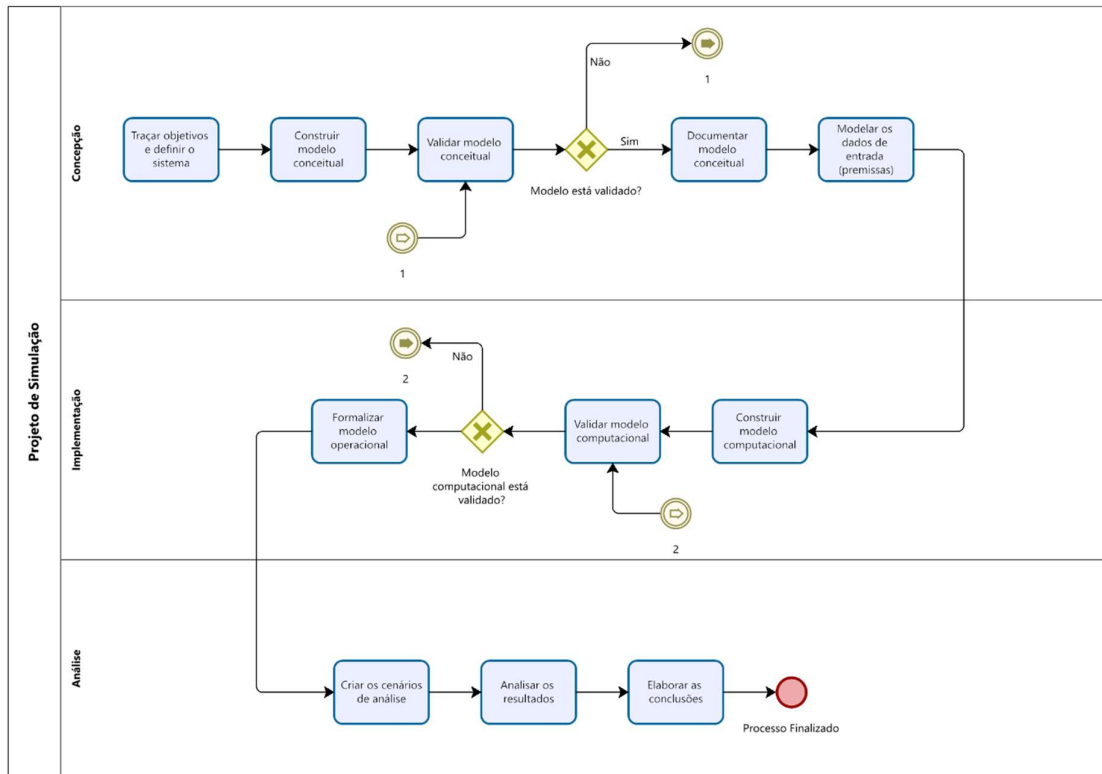


Figura 7: Etapas de um projeto de simulação

Fonte: Adaptado de Oliveira (2010)

### **3. METODOLOGIA**

O estudo em questão empregou uma abordagem de pesquisa quantitativa aplicada, descritiva e experimental, cujo foco da pesquisa foi a otimização dos custos totais relacionados ao problema. Estes custos totais incluem os custos de estoques, custos de pedido e transporte em uma empresa do setor de cosméticos e estética, por meio da formulação de políticas de estoque para os 5 produtos selecionados.

O trabalho foi estruturado em duas principais frentes que incluem a coleta e análise de dados e a simulação de cenários. Na primeira etapa, foram coletados dados relevantes, e uma análise minuciosa foi conduzida para compreender a dinâmica existente, de modo a identificar os gargalos e peculiaridades da atual política da empresa. Posteriormente, a simulação de cenários baseada em dados históricos foi realizada. Esse processo tem como propósito a definição de políticas de estoque ótimas, visando reduzir os custos logísticos totais quando comparado à política de estoque utilizada atualmente pela empresa.

#### **3.1. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA**

O gerenciamento logístico de uma empresa apresenta vários desafios, em especial ao que engloba o controle de estoques, uma vez que é uma tarefa complexa e com diversas variáveis envolvidas, por conta das incertezas envolvendo as limitações de espaço físico, tempo de ressuprimento dos fornecedores, tempo de chegada das transportadoras, preço dos insumos e demandas irregulares. A definição do melhor modelo de ressuprimento, de modo que seja possível atingir o nível ótimo de estoque para cada produto, é o principal foco deste trabalho.

Dessa forma, torna-se imperativo que as empresas explorem a capacidade computacional para simular cenários de projeção de estoque, uma vez que o principal desafio de uma empresa é entender quando fazer novos pedidos para ressuprir os produtos e, também, quanto de cada produto deve ser pedido. Essa abordagem visa determinar o modelo e as políticas de estoque mais eficazes para a minimização dos custos totais logísticos. O problema em questão se refere ao gerenciamento de estoque de produtos,

que são demandados a partir da distribuição ao cliente final e adquiridos de fornecedores externos.

O controle efetivo de estoque desempenha um papel crucial na garantia da disponibilidade dos produtos no momento da venda ao cliente final, ao mesmo tempo em que equilibra os custos associados aos estoques e aos pedidos. Assim, o presente estudo foi concebido com o propósito de apresentar um modelo de simulação de estoques em uma empresa real de comércio de cosméticos e produtos estéticos. A análise se concentra em um modelo de controle de estoque do tipo  $(s, S)$ , avaliando as atuais políticas de estoque e propondo aquelas que possam minimizar os custos logísticos totais deste processo.

### **3.2. COLETA E ANÁLISE DOS DADOS**

Os dados necessários para realização do presente estudo foram o histórico da demanda de 5 produtos selecionados na empresa, que são os mais representativos em termos de faturamento e volume de saída, informações referentes à operação de MRP e custos envolvidos, de modo que fosse possível comparar o atual cenário da empresa com os cenários simulados. Dessa forma, os dados coletados foram:

- i) Histórico da demanda de compra dos 5 produtos selecionados, referentes ao período de abril de 2023 até março de 2024, obtidos no sistema de gestão da empresa;
- ii) Política de estoque atual utilizada na empresa  $(s,S)$ , fornecida pelo time de aquisição da empresa e identificado após a geração das combinações de política simuladas;
- iii) Tempo de ressuprimento dos fornecedores externos para cada produto, referentes ao período de abril de 2023 até março de 2024, fornecida pelo time de aquisição da empresa;
- iv) Custo de estoque, custo de transporte e custo de importação, fornecidos pelo time de controle de estoque da empresa.

Em seguida, a ferramenta Input Analyzer do software Arena foi empregada para identificar a distribuição que melhor se ajuste à amostra de dados, por meio de testes estatísticos como o teste do Qui-Quadrado e o Teste de Kolmogorov-Smirnov, utilizando



como base os dados históricos de demanda para os 5 produtos selecionados. A Figura 8 apresenta um exemplo prático da utilização dessa ferramenta.

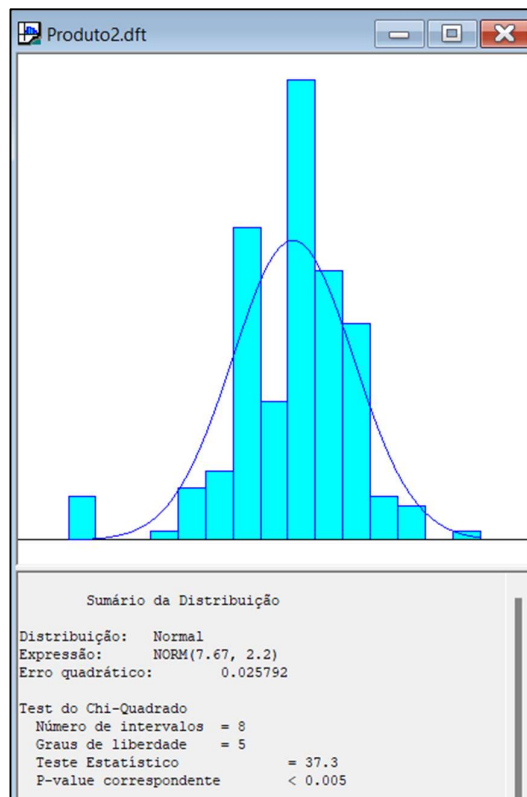
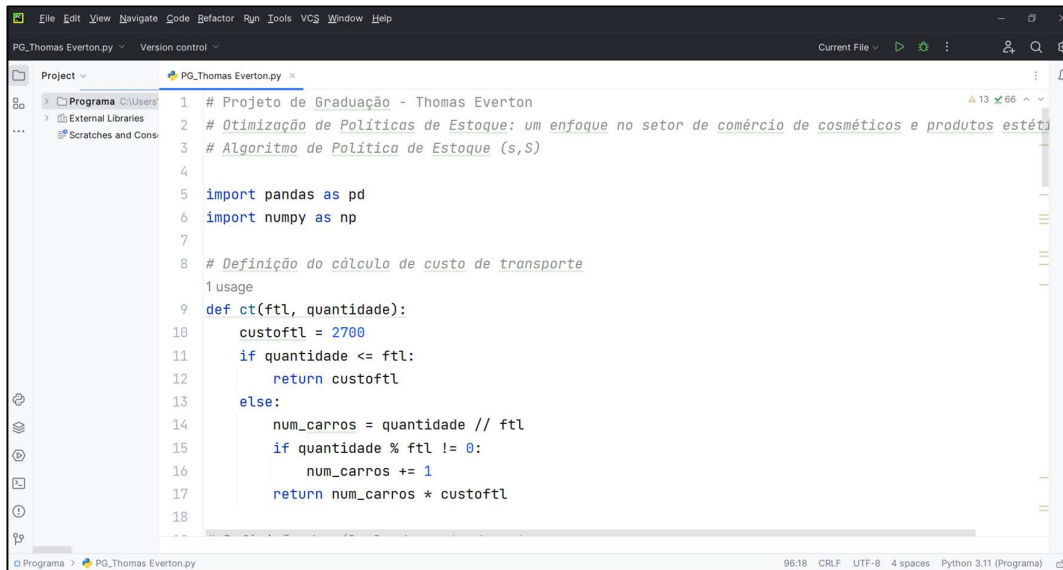


Figura 8: Ferramenta *Input Analyzer*

Fonte: Autoria Própria

### 3.3. CRIAÇÃO E APLICAÇÃO DO MODELO DE OTIMIZAÇÃO

O algoritmo de simulação utilizado para o processamento de dados foi a linguagem de programação *Python* na versão 3.11, construído no programa *Pycharm Community edition 2023.1.2*, o qual também faz uso das bibliotecas *Numpy* e *Pandas*, ambas para manipulação dos dados (vide ANEXO A). O programa utilizado permite uma melhor visualização das linhas de código, conforme Figura 9.



```

1 # Projeto de Graduação - Thomas Everton
2 # Otimização de Políticas de Estoque: um enfoque no setor de comércio de cosméticos e produtos estéticos
3 # Algoritmo de Política de Estoque (s,S)
4
5 import pandas as pd
6 import numpy as np
7
8 # Definição do cálculo de custo de transporte
9 usage
10 def ct(ftl, quantidade):
11     custoftl = 2700
12     if quantidade <= ftl:
13         return custoftl
14     else:
15         num_carros = quantidade // ftl
16         if quantidade % ftl != 0:
17             num_carros += 1
18         return num_carros * custoftl

```

Figura 9: Programa de Desenvolvimento

Fonte: Autoria Própria

O modelo foi construído para simular os níveis de estoque de 5 produtos distintos com as seguintes premissas:

- a) Os produtos são independentes e armazenados em local único;
- b) A demanda é probabilística estacionária com distribuição normal, tendo uma média  $\mu$  e desvio padrão  $\sigma^2$ ;
- c) O estoque inicial é definido anteriormente;
- d) O custo de pedido é fixo por carro e não possui variação de preço a depender da demanda;
- e) O percentual do custo de estoque é fixo;
- f) O Lead Time de cada fornecedor é fixo;
- g) O horizonte de análise é finito e compreende 1 ano;
- h) Estoques de segurança não são considerados na simulação.

O projeto desenvolvido é um modelo de simulação com o objetivo de simular projeções probabilísticas de estoque com base em uma demanda distribuída automaticamente com base nos parâmetros inseridos. A estratégia aplicada é denominada (s,S) com o objetivo de calcular os custos envolvidos em cada um dos processos relacionados, tais como transporte e estocagem, que constituem os custos logísticos totais.

Atualmente, a empresa também utiliza a política de estoque  $(s,S)$ , que será validada e analisada quanto a sua real eficácia na gestão dos estoques.

A política de estoque trabalhada avalia a quantidade de produtos que são escoados pelo ritmo de vendas da empresa, de modo que verifique o nível desses produtos em estoque. É definido como  $S$  o estoque máximo e como  $s$  o ponto de ressuprimento. Os produtos são escoados na medida em que as vendas são feitas ao cliente final e, dessa forma, o nível de estoque diminui. Ao atingir o nível  $s$ , é realizado um novo pedido ao fornecedor, que tem à sua disposição a quantidade necessária para atingir o nível  $S$  definido, após um *Lead Time* de  $Lt$  dias. Com a chegada do pedido, após  $Lt$  dias, o nível de estoque aumenta.

Como base para o modelo de simulação, o período de tempo  $T = 365$  dias foi considerado como horizonte de tempo de análise. O estoque inicial  $S_0$ , uma demanda probabilística e um *Lead Time* fixo também foram aplicados na simulação de  $n$  combinações de políticas  $(s,S)$ , gerando variações nos parâmetros  $S$  para nível de estoque máximo e  $s$  para ponto de ressuprimento. Dessa forma, as variáveis utilizadas no modelo foram:

- a) Variável de tempo  $T$ ;
- b) Variáveis de estado do sistema  $(x, y)$ , onde  $x$  é o estoque atual e  $y$  é a quantidade do pedido;
- c) Variáveis de custo  $H_e$  e  $C_t$ , onde  $H_e$  é o custo total de estoque e  $C_t$  é o custo total de pedido;
- d) Variável de contagem de falta  $F$ , para definir quais políticas geraram indisponibilidade de insumos.

A função a seguir é utilizada para calcular o custo de estoque:

- a)  $h_e(t)$  = Função cálculo do custo de estoque no instante discreto,  $t-t_0$ , que computa o custo total de estoque desde a última atualização.

$$h_e(t) = x \times P \times i \quad (3)$$

onde:

$x$  = estoque do produto no momento  $t$  (projetado)

$P$  = preço do produto por unidade de medida do material (fornecido pela empresa)

$i = \%$  do valor de estoque que corresponde ao custo diário de estoque (fornecido pela empresa)

b)  $c_t(t)$  = Função de cálculo de transporte calculada a cada instante que um pedido é requisitado. O cálculo é feito para calcular o número de caminhões cheios (FTL - Full TruckLoad) e somar o mesmo valor para um caminhão parcial (LTL - Less than TruckLoad), visto que os custos de envio e recebimentos são os mesmos. A função é calculada utilizando uma divisão inteira de  $q$  por  $ftl$  e é definida por:

$$c_t(t) = a * (q // ftl) \quad (4)$$

onde:

$a$  = preço fixo de cada carro

$q$  = quantidade do pedido

$ftl$  = parametrização da quantidade máxima de cada carro

Adicionalmente, os dados a seguir são utilizados no problema:

- a) Preço do produto, denotado por  $P$ ;
- b) *Lead Time* fixo do fornecedor, denotado por  $Lt$ ;
- c) Custo de pedido único, denotado por  $C_p$ .

O algoritmo (s,S) é uma ferramenta poderosa e versátil para a gestão de estoques, permitindo que as empresas mantenham um equilíbrio entre a disponibilidade de produtos e a minimização de custos operacionais. Utilizando essa política de estoques, o modelo se inicia com:  $H_e = 0$ ;  $C_t = 0$ ;  $t_1 = \infty$ ; onde  $t_1$  representa o tempo de chegada de um novo pedido para reposição do estoque.

Para cada instante  $T$ , o modelo atualiza seguindo o algoritmo:

Se  $t_1 = t$ , atualiza  $x = x + y$ ; atualiza  $t_1 = \infty$ ; atualiza  $C_t = C_t + c_t(t)$

Atualiza:  $H_e = H_e + h_e(t)$

Gera:  $D$ , demanda variável representada por número aleatório com distribuição normal

Atualiza:  $x = x - D$

Se  $x \leq 0$ , atualiza  $F = F + 1$

Se  $x < s$  e  $y = 0$ ,

Gera:  $Lt$  fixo

Atualiza  $y = S - x$ ; atualiza  $t_1 = t + Lt$

O algoritmo compila os dados gerados ao final de cada período  $T$ , e inicia novamente fazendo uma nova combinação de política  $(s,S)$ . O código completo do algoritmo de simulação na linguagem Python para a política  $(s,S)$  é apresentado no ANEXO A.

### 3.4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O algoritmo construído exporta um arquivo no formato Excel ao final da geração dos dados em cada instante  $T$  para cada combinação da política  $(s,S)$ . Este arquivo compila os custos totais, aqui representados pela soma dos custos de transporte e custos de estoque, política de estoque empregada, informações sobre o número de pedidos realizados e o número de faltas em cada simulação. Com base nesse arquivo, o objetivo do estudo é analisar os dados da simulação e identificar a política que gerou melhor resultado de acordo com as premissas levantadas, ou seja, menor custo total e menor número de faltas, que no contexto da empresa representaria um custo de oportunidade, ou seja, a indisponibilidade de produtos gera uma perda de venda.

O funcionamento do programa segue a partir da definição da política de estoque ótima, que é utilizada para a geração de dados de demanda, a projeção de estoque e a simulação do comportamento do estoque ao longo do período definido. Essa etapa envolve a utilização das políticas de estoque atualmente em vigor, bem como a nova política ótima definida.

Os resultados dessa simulação são gravados em um *dataframe*, que é então exportado para um arquivo Excel. Esses dados exportados servem como insumos para a criação de gráficos que ilustram os níveis de estoque ao longo do tempo a partir da identificação da política de estoque atual da empresa e a otimizada. Estes servirão de

premissas para o algoritmo responsável pela geração dos gráficos, que se encontra no ANEXO B.

O programa permite ainda a análise comparativa entre a política de estoque atual e a política ótima, facilitando a visualização de possíveis melhorias e otimizações no gerenciamento de estoque. Através dessa análise visual e dos dados gerados, é possível identificar padrões de demanda, ajustar parâmetros e implementar estratégias mais eficientes para a gestão de estoque.

Gráficos são gerados tanto para a política de estoque atual quanto para a política ótima, permitindo a comparação do comportamento dos estoques. Essa comparação é fundamental para observar a redução dos custos logísticos no gerenciamento de estoques, facilitando a análise de eficiência. Adicionalmente, o programa analisa políticas próximas à ótima, variando o ponto de pedido e a política máxima. Isso permite entender o impacto dessas variações nos custos e na disponibilidade dos produtos. Através dessa análise visual e dos dados gerados, é possível identificar padrões de demanda, ajustar parâmetros e implementar estratégias mais eficientes para a gestão de estoque, garantindo uma otimização contínua.

## **4. DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS**

Neste capítulo será abordado o problema do setor de comércio de cosméticos e produtos estéticos analisado, enfatizando os principais motivadores do estudo, seguido pelo processo de coleta e análise dos dados relevantes, os quais foram essenciais para o desenvolvimento e implementação dos algoritmos de simulação. O algoritmo, por sua vez, tem como objetivo definir políticas ótimas de estoque, minimizando os custos totais e evitando faltas de insumos. A análise dos resultados gerados pelas simulações do algoritmo também será discutida de maneira abrangente, sendo de suma importância, pois permite validar as políticas propostas, verificar sua eficácia em comparação com as práticas atuais e identificar possíveis melhorias, assim como novas estratégias na eficiência operacional.

### **4.1. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA**

O presente estudo aborda um problema real enfrentado por uma empresa do setor de comércio de cosméticos e produtos estéticos. A empresa em questão, especializada na venda de uma ampla variedade de produtos de beleza enfrenta desafios significativos na gestão de seu estoque. Com um portfólio extenso e uma demanda variável, a empresa objetiva manter um equilíbrio entre a disponibilidade de produtos e a minimização de custos operacionais.

Nos últimos anos, a empresa tem enfrentado frequentes rupturas de estoque, resultando em perda de vendas e insatisfação dos clientes. Ao mesmo tempo, o excesso de estoque de alguns produtos leva a altos custos de armazenamento e a perdas por obsolescência, especialmente em um mercado onde as tendências mudam rapidamente e os ciclos de vida dos produtos são curtos. A complexidade do problema é exacerbada pela sazonalidade da demanda e pelas promoções frequentes, que causam flutuações significativas nas vendas. A falta de previsões precisas e de uma política de reposição eficiente torna o problema mais complexo, resultando em custos logísticos elevados e perda de competitividade no mercado.

O time responsável pelas compras consolida as informações de estoque no *Material Requirements Planning* (MRP) da empresa, o qual sugere as características de uma nova compra com base nas premissas do histórico da demanda, expresso em dias até zerar o estoque. Com isso, a previsão de uma nova compra é o ponto de ressuprimento e, o ponto de estoque foco é a política de estoque máximo.

Os dados analisados no estudo evidenciam uma deficiência operacional no que tange o controle de estoque. A atual política de estoques apresenta elevados custos totais, consequência direta do excedente de produtos armazenados, má gestão de compras elevando os custos de transporte, além do custo de oportunidade resultante da indisponibilidade de alguns produtos com maior saída.

Diante desse cenário, o objetivo deste estudo é desenvolver e implementar um modelo de simulação para otimizar a política de estoque da empresa. Através da análise detalhada dos dados e do comportamento de consumo, pretende-se definir estratégias que minimizem os custos totais de estoque, reduzindo as faltas de produtos e aumentando a eficiência operacional. Este estudo busca, portanto, fornecer uma solução prática e aplicável que possa ser implementada pela empresa para melhorar sua gestão de estoque e, conseqüentemente, sua performance no mercado de cosméticos.

## **4.2. COLETA E ANÁLISE DE DADOS**

Inicialmente foram selecionados 5 produtos da empresa para obtenção dos dados para realização do estudo proposto. Estes produtos foram selecionados de acordo com a representatividade percentual dos mesmos quanto ao faturamento total no período analisado. Sendo assim, os 5 produtos selecionados representam 60,3% do faturamento no período e 48,9% do volume de saída de produtos. Juntamente com os produtos selecionados, foram levantados diferentes parâmetros, incluindo *lead time*, preço unitário e volume de consumo de saída. Os produtos escolhidos e sua classificação são apresentados na Tabela 2.



Tabela 2: Produtos selecionados

Produto	Classificação Interna
Produto 1	Solução Profissional Ativa
Produto 2	Solução de Controle de Pigmentação
Produto 3	Solução Profissional Ativa
Produto 4	Solução de Controle de Pigmentação
Produto 5	Hidratante

Fonte: Autoria Própria

Os dados históricos de demanda dos produtos foram extraídos do *Data Lake* da empresa, nesse caso representado pelo Alternativa Sistemas, o que possibilitou a exportação do relatório no formato Excel. Por questões de conformidade às normas internas da empresa, o nome dos produtos foi substituído utilizando fórmula personalizada no Excel. Os *lead times* dos fornecedores foram obtidos junto ao time de compras, a partir da análise retroativa de chegada das remessas. Os dados extraídos são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Demanda histórica dos produtos

Data	Cód. Vendedor	Categoria	Referência	Código de Barras	Quantidade	Valor Venda (R\$)	Nome Abreviad	Emp. Cód.
13/04/2023		3 Solução de Controle	T-DPIG0003	8436024752069	2	1.715,94	Produto 2	3
19/05/2023		3 Solução de Controle	T-DPIG0003	8436024752069	1	772,17	Produto 2	1
19/05/2023		3 Solução Profissional	T-PACC0002	8436024758306	3	804,57	Produto 7	2
23/05/2023		2 Solução Profissional	T-PACC0003	8436024758276	1	554,40	Produto 1	1
31/05/2023		3 Solução de Controle	T-DPIG0003	8436024752069	1	857,97	Produto 2	1
07/06/2023		2 Solução de Controle	T-DPIG0003	8436024752069	1	857,97	Produto 2	4
07/06/2023		3 Solução de Controle	T-DPIG0003	8436024752069	1	857,97	Produto 2	3
15/06/2023		2 Solução Profissional	T-PACC0003	8436024758276	1	554,40	Produto 1	5
15/06/2023		2 Solução Profissional	T-PACC0003	8436024758276	1	554,40	Produto 1	1
15/06/2023		2 Solução de Controle	T-DPIG0003	8436024752069	1	857,97	Produto 2	5
15/06/2023		3 Solução de Controle	T-DPIG0003	8436024752069	1	857,97	Produto 2	5
15/06/2023		2 Solução de Controle	T-DPIG0003	8436024752069	1	857,97	Produto 2	3
15/06/2023		3 Anti-aging	T-MACN0008	8436024754704	1	692,13	Produto 5	3
19/06/2023		2 Solução de Controle	T-DPIG0003	8436024752069	1	343,19	Produto 2	5
27/06/2023		2 Solução de Controle	T-DPIG0003	8436024752069	1	857,97	Produto 2	1

Fonte: Autoria Própria

Para identificação dos *lead times* dos produtos, foi necessário realizar o tratamento das informações referentes a data de pedido e chegada das remessas fornecidos pelo time de compras da empresa, tomando como base o tempo médio entre realização do pedido e sua recepção no período analisado. Os dados consolidados podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4: Dados de *lead time* tratados

Produto	Lead Time Fixo (dias)
Produto 1	23
Produto 2	15
Produto 3	20
Produto 4	12
Produto 5	12

Fonte: Autoria Própria

Em posse das informações necessárias, o software *Input Analyzer* do *Arena* foi utilizado para geração das distribuições probabilísticas de cada produto, o qual também indica a melhor distribuição que representa os dados inseridos para análise. A Tabela 5 possui as distribuições com a média ( $\mu$ ) e o desvio padrão ( $\sigma^2$ ) de cada um dos produtos.

Tabela 5: Distribuição da demanda por produto

Produto	Distribuição da Demanda	Expressão
Produto 1	Distribuição Normal	NORM(12.1, 3.67)
Produto 2	Distribuição Normal	NORM(7.67, 2.2)
Produto 3	Distribuição Normal	NORM(4.91, 1.89)
Produto 4	Distribuição Normal	NORM(4.54, 1.98)
Produto 5	Distribuição Normal	NORM(3.51, 1.57)

Fonte: Autoria Própria

Em posse dos dados de demanda dos produtos, o próximo passo foi coletar informações operacionais essenciais, como os custos de estoque, custos de transporte, tempos de entrega e custo de pedidos. A seguir, é detalhado todos os dados utilizados e suas respectivas fontes:

a) *Lead Time* fixo do fornecedor: período médio em dias desde o momento em que o pedido é realizado até sua entrega;

b) Preço do produto: valor em reais (R\$) dos produtos, extraído do sistema ERP da empresa;

c) Estoque inicial: quantidade de material disponível em estoque no início da análise, conforme registrado no sistema MRP da empresa;

d) Política de estoque atual: parâmetros de estoque (s, S) para cada produto, obtidos do time de compras da empresa;

e) Quantidade enviada em cada carga completa (FTL - *Full Truckload*): volume de material enviado por caminhão cheio, conforme registrado no sistema de controle de compras da empresa;

f) Custo de estoque: porcentagem do valor do estoque correspondente aos custos de manutenção, fornecida pela equipe de controle de estoque da empresa.

Tabela 6: Custo padrão de estoque

Tipo	Percentual
Custo de Oportunidade	11,0%
Custo de Estoque	2,2%
Custo de Perda	1,3%
Movimentação dos Produtos	1,0%
Taxas e Impostos	5,2%
<b>Total</b>	<b>20,7%</b>

Fonte: Autoria Própria

g) Custo de pedido: custo médio fixo por carro, fornecido pelo time de compras da empresa.

Tabela 7: Custo padrão de pedido

Atividade	Valor
Processamento Pedido	R\$ 250,00
Carga e Descarga	R\$ 150,00
Transporte	R\$ 2.100,00
Controle de Qualidade	R\$ 200,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 2.700,00</b>

Fonte: Autoria Própria

Os dados obtidos são apresentados na Tabela 8. Portanto, para cada um dos 5 produtos selecionados, observa-se informações sobre a política de estoque utilizada atualmente na empresa, a distribuição de demanda, o *lead time* em dias, o estoque inicial em unidades do produto, o *Full Truck Load (FTL)* em unidades do produto, o preço e os custos de estoque e de pedido.

Tabela 8: Dados Consolidados

Produto	Política Atual (s,S)	Distribuição da Demanda	Lead Time Fixo (dias)	Estoque Inicial (unidades)	FTL (unidades)	Preço	Custo de Estoque	Custo de Pedido
Produto 1	[50, 300]	NORM(12.1, 3.67)	23	135	8.190	R\$ 212,20	20,7%	R\$ 2.700,00
Produto 2	[25, 75]	NORM(7.67, 2.2)	15	319	23.800	R\$ 441,00	20,7%	R\$ 2.700,00
Produto 3	[40, 100]	NORM(4.91, 1.89)	20	140	27.200	R\$ 310,60	20,7%	R\$ 2.700,00
Produto 4	[5, 95]	NORM(4.54, 1.98)	12	27	8.600	R\$ 607,50	20,7%	R\$ 2.700,00
Produto 5	[30, 100]	NORM(3.51, 1.57)	12	107	10.000	R\$ 123,00	20,7%	R\$ 2.700,00

Fonte: Autoria Própria

### 4.3. DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DO MODELO

Uma vez concluída a etapa de coleta, análise e tratamento dos dados, o desenvolvimento do algoritmo das políticas de estoque foi implementado. O algoritmo foi desenvolvido em *Python*, no ambiente *Pycharm Community Edition*, conforme descrito na seção 3.3 “Criação do Modelo de Otimização”.

O algoritmo tem como inputs o estoque inicial, a demanda probabilística, o lead time fixo, a capacidade de um caminhão cheio (FTL), o período de tempo em dias de simulação, o preço unitário do produto e o horizonte de variação de análise de política de estoques a serem simuladas.

O algoritmo baseia-se na execução de uma iteração diária, gerando a demanda com base em uma distribuição probabilística para cada combinação de política de estoque (s,S). Como resultado, projeta o nível de estoque, calcula o custo diário do estoque e, se necessário, realiza a requisição de compra e contabiliza os custos envolvidos. Devido às incertezas nas demandas, a simulação repete-se para cada combinação de política (s, S) para cada produto. Após o processamento desses dados, o modelo exporta os resultados para um arquivo Excel, que inclui a política de estoque adotada, o custo total, o custo de manutenção de estoque, o custo dos pedidos, o número de pedidos realizados e o número de faltas de estoque. A Tabela 9 compila o número de combinações simuladas para cada produto. A Tabela 10 apresenta o resultado do processamento dos dados filtrados por número de faltas após a simulação do Produto 1 ser concluída.

Tabela 9: Total de combinações geradas por produto

Produto	Combinações (s,S)
Produto 1	3150
Produto 2	722
Produto 3	2262
Produto 4	7742
Produto 5	3042

Fonte: Autoria Própria

Tabela 10: Resultado do modelo de simulação do Produto 1

Política	Custo Total	Custo de Estoque	Custo de Pedido	Nº de Pedidos	Nº de Faltas
[360, 880]	R\$ 5.510.790,49	R\$ 5.487.138,49	R\$ 23.652,00	9	13
[380, 630]	R\$ 3.494.383,03	R\$ 3.451.183,03	R\$ 43.200,00	16	13
[380, 700]	R\$ 4.187.861,04	R\$ 4.151.092,44	R\$ 36.768,60	14	13
[370, 880]	R\$ 5.560.780,54	R\$ 5.536.534,54	R\$ 24.246,00	9	13
[380, 780]	R\$ 4.818.099,99	R\$ 4.788.397,29	R\$ 29.702,70	12	13
[380, 660]	R\$ 3.852.973,30	R\$ 3.812.316,70	R\$ 40.656,60	16	13
[330, 820]	R\$ 4.757.349,12	R\$ 4.733.046,42	R\$ 24.302,70	10	13
[390, 860]	R\$ 5.545.306,10	R\$ 5.520.007,10	R\$ 25.299,00	10	13
[320, 900]	R\$ 5.357.403,34	R\$ 5.335.819,54	R\$ 21.583,80	8	13
[350, 630]	R\$ 3.403.092,00	R\$ 3.362.432,70	R\$ 40.659,30	16	13
[390, 780]	R\$ 4.874.847,03	R\$ 4.844.947,23	R\$ 29.899,80	12	13
[380, 940]	R\$ 6.048.960,95	R\$ 6.027.360,95	R\$ 21.600,00	8	13
[360, 700]	R\$ 4.055.148,85	R\$ 4.020.167,65	R\$ 34.981,20	13	13
[340, 930]	R\$ 5.769.147,70	R\$ 5.747.779,90	R\$ 21.367,80	8	13
[350, 740]	R\$ 4.274.833,81	R\$ 4.244.898,91	R\$ 29.934,90	12	13
[350, 720]	R\$ 4.148.541,60	R\$ 4.116.238,80	R\$ 32.302,80	12	13
[340, 620]	R\$ 3.257.623,82	R\$ 3.216.969,92	R\$ 40.653,90	16	13
[340, 880]	R\$ 5.353.022,79	R\$ 5.331.260,79	R\$ 21.762,00	9	13
[370, 730]	R\$ 4.346.974,16	R\$ 4.314.485,06	R\$ 32.489,10	13	13

Fonte: Autoria Própria

A premissa do modelo é a minimização do custo total e número de faltas quando comparado à atual política de estoque da empresa. Dessa forma, inicialmente buscou-se identificar a atual política de estoque da empresa, tendo como referência os custos totais e número de faltas atuais do produto analisado. Uma vez identificada a política de estoque atual, ela foi utilizada como parâmetro para filtrar os resultados gerados.

Para cada produto analisado, uma tabela foi construída para resumir e comparar a atual política de estoque com a política de estoque otimizada, contando com menor custo e menor número de faltas em relação a atual política utilizada na empresa. As políticas de estoque com custo total maior que as praticadas pela atual política de estoque foram desconsideradas, uma vez que seria necessário realizar um trade-off entre investimento e número de faltas, o que no cenário do setor trabalhado não é o foco, uma vez que existe uma tolerância quanto a indisponibilidade anual do produto. A Tabela 11 apresenta os resultados obtidos para o produto 1.

Tabela 11: Tabela resumo para produto 1

Classificação	Política	Custo Total	Custo de Estoque	Custo de Pedido	Nº de Pedidos	Nº de Faltas
Política Atual	[50, 300]	R\$ 997.050,99	R\$ 971.112,09	R\$ 25.938,90	10	171
Política Otimizada	[200, 360]	R\$ 948.494,92	R\$ 905.294,92	R\$ 43.200,00	16	126

Fonte: Autoria Própria

Com base nos resultados e quadros resumos construídos para cada um dos produtos selecionados, podemos identificar que nem sempre o número de faltas será zerado e, assim, o objetivo é delimitar uma política de estoque otimizada que reduza o número de faltas e o custo total quando comparada à política de estoque atual da empresa.

#### 4.4. RESULTADOS

O modelo foi aplicado para cada um dos 5 produtos selecionados, os resultados foram então analisados e filtrados para a definição da política de estoque ótima que minimiza os custos totais, e conseqüentemente os custos de estoque, de pedido e de transporte, assim como o número de faltas incorridas no período de simulação de 1 ano. Os resultados obtidos para os 5 produtos apresentam os custos e demais informações da política de estoque atual da empresa (s,S).

Ao comparar a política de estoque otimizada com a atual, para cada um dos produtos, podemos observar uma redução média de 12,4% dos custos logísticos totais dos 5 produtos, o que representa um total de R\$ 412.967,89 ao ano. A Tabela 12 representa o

resultado comparativo das políticas de estoque atuais utilizadas pela empresa frente às políticas otimizadas.

Tabela 12: Resultado comparativo das políticas otimizadas (s,S)

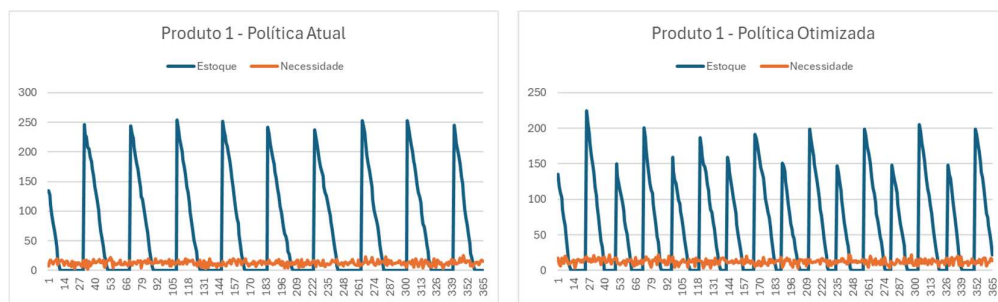
Produto	Política Atual (s,S)	Número de Faltas	Custo Total Atual	Política Otimizada (s,S)	Número de Faltas	Custo Total Otimizado	Resultado (%)	Resultado (R\$)
Produto 1	[50, 300]	171	R\$ 997.050,99	[200, 360]	126	R\$ 948.494,92	4,9%	R\$ 48.556,07
Produto 2	[25, 75]	228	R\$ 799.358,22	[35, 75]	217	R\$ 730.533,46	8,6%	R\$ 68.824,76
Produto 3	[40, 100]	196	R\$ 497.141,29	[55, 105]	157	R\$ 444.058,49	10,7%	R\$ 53.082,80
Produto 4	[5, 95]	130	R\$ 1.293.113,45	[80, 95]	49	R\$ 1.084.511,98	16,1%	R\$ 208.601,46
Produto 5	[30, 100]	210	R\$ 155.683,13	[10, 30]	203	R\$ 121.780,34	21,8%	R\$ 33.902,79

Fonte: Autoria Própria

É possível verificar que a maior parte dos custos incorridos são oriundos das políticas de estoques em que o valor de “S” são maiores do que o normal, o que representa maior nível máximo de estoque, e quanto maior o nível de estoque, maior é o custo para sua manutenção. Nos Produtos 1 e 4, podemos observar uma tendência contrária, com o aumento do “S”, que pode ser justificado nesses casos como um mecanismo para reduzir o número de faltas, aumentando a disponibilidade de produtos em estoque, mas com uma política (s,S) em que o “s” é ajustado para promover uma redução dos custos totais.

A segunda parte do algoritmo, descrita em 3.4 e disponível no ANEXO B, foi utilizada para gerar os gráficos de projeção para as políticas de estoque atual e otimizada (s,S), utilizando os parâmetros de cada produto como premissas para simular os cenários.

Figura 10: Análise Gráfica do Estoque Atual x Otimizado





Fonte: Autoria Própria

Com base na análise dos gráficos apresentados na Figura 10, fica evidente que as atuais políticas de estoque utilizadas na empresa para cada um dos produtos selecionados possuem maior nível de estoque, o que conseqüentemente eleva os custos de sua manutenção. Analisando por exemplo o produto 3, pode ser observado um comportamento comum entre os produtos analisados, com uma política atual com maior nível de estoque e menor número de pedidos, e uma política otimizado com uma redução do nível de estoque máximo “S”, e aumento do número de pedidos, encurtando o intervalo

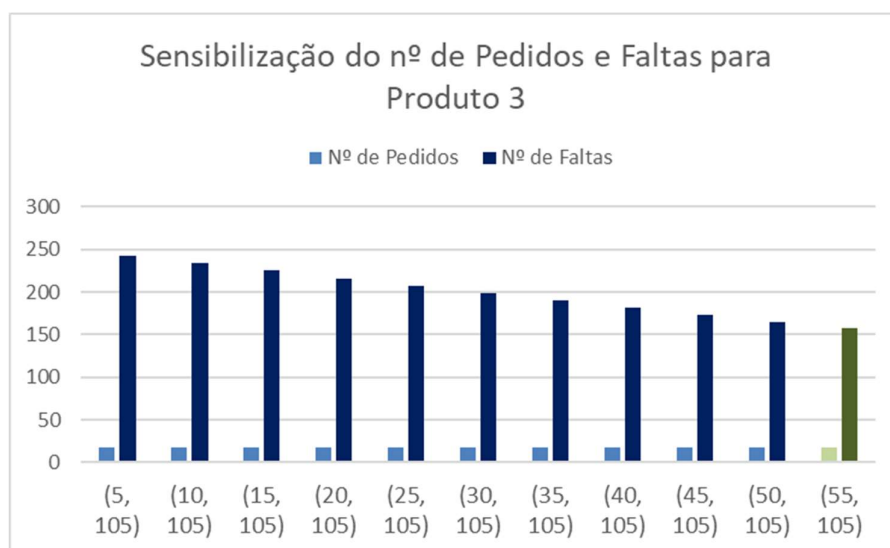


entre o nível “s” e “S”. Dessa forma, o modelo opta por uma política cuja dinâmica visa reduzir os níveis de estoque e fazer mais pedidos ao longo do tempo, por conta dos altos custos de estoque.

Como mencionado anteriormente, para o setor trabalhado no estudo, existe uma tolerância quanto ao número de faltas de produtos por conta da volatilidade da demanda. Isso significa que a indisponibilidade de produtos se mantém no cenário otimizado, porém com um impacto menor, uma vez que as políticas de estoque otimizadas visam, também, reduzir o número de faltas. Assim, é possível analisar a sensibilidade da política (s,S) no que tange ao número de pedidos e ao número de faltas, assim como entender o impacto nos custos e na operação de cada política.

Tomando como referência o produto 3 para análise, observa-se o comportamento das variáveis e seu impacto na política de estoque, comparando com a política otimizada, no caso [55,105]. No primeiro cenário, com a manutenção do nível de “S” e redução gradual do nível de “s”, pode ser observada uma redução dos custos de estoque e de pedido, porém existe um aumento significativo no número de faltas. Este aumento do número de faltas gera uma ruptura de estoque fora dos limites aceitáveis e, também, superior ao número de faltas da política de estoque utilizada atualmente, gerando um custo adicional devido à falta de insumos. A Figura 11 ilustra o comportamento do número de faltas e número de pedidos por política.

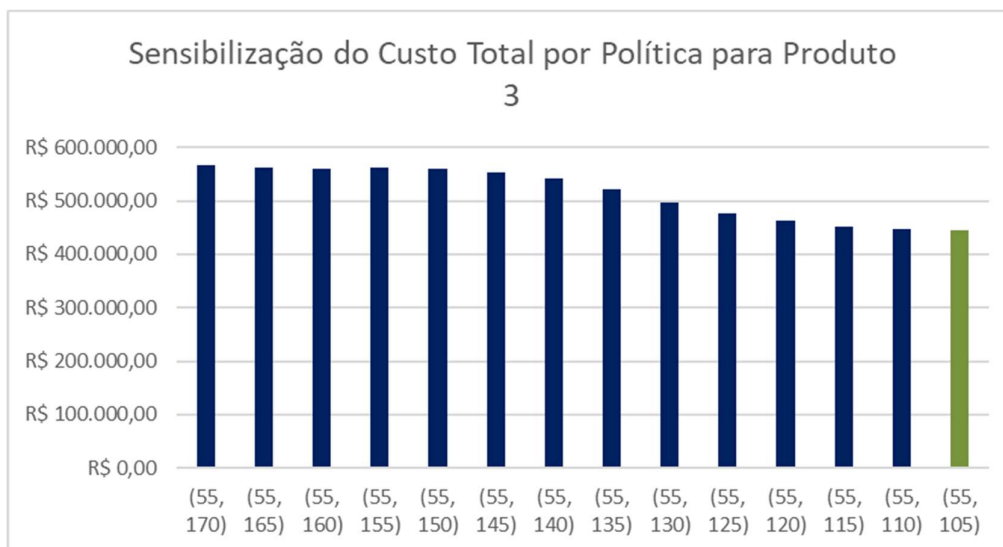
Figura 11: Número de Pedidos e Faltas por Política do Produto 3



Fonte: Autoria Própria

Nota-se também que as políticas com maiores custos totais são frutos de políticas com altos valores de “S”, uma vez que a quantidade de produtos solicitada em cada pedido aumenta, e os níveis de estoque também aumentam, gerando maiores custos para sua manutenção. Na Figura 12 observa-se uma análise de sensibilidade realizada mantendo-se “s” e aumentando gradualmente “S”, fazendo com que a política não tenha variações significativas no número de faltas. Entretanto ocorre um grande aumento dos custos de estoque, uma vez que representa um maior número de produtos armazenados, aumentando seus custos de manutenção.

Figura 12: Custo Total por Política do Produto 3



Fonte: Autoria Própria

Expandindo essa análise para os demais produtos selecionados, podemos identificar o mesmo comportamento e, assim, concluímos que as políticas de estoque otimizadas são pontos ótimos que possibilitam uma redução dos níveis de estoque, reduzindo os custos envolvidos e, também, garantindo uma melhor gestão do estoque por meio da redução do número de faltas de produtos. A Tabela 13 apresenta o resumo dos resultados obtidos pelas políticas otimizadas para cada produto, em termos de redução de custos e faltas evitadas.

Tabela 13: Resumo da Performance por Política Otimizada por Produto

Produto	Política Otimizada (s,S)	Performance (R\$)	Performance (%)	Nº Faltas Evitadas	% Reduzido de Faltas
Produto 1	[200, 360]	R\$ 48.556,07	4,9%	45	26%
Produto 2	[35, 75]	R\$ 68.824,76	8,6%	11	5%
Produto 3	[55, 105]	R\$ 53.082,80	10,7%	39	20%
Produto 4	[80, 95]	R\$ 208.601,46	16,1%	81	62%
Produto 5	[10, 30]	R\$ 33.902,79	21,8%	7	3%
		<b>R\$ 412.967,89</b>	<b>12,4%</b>	<b>183</b>	<b>23,3%</b>

Fonte: Autoria Própria

Cabe ressaltar que foram encontradas políticas não selecionadas que zeram o número de faltas, porém os custos totais extrapolam significativamente os custos atuais de estoque, o que representa uma necessidade de investimento por parte da empresa para garantir um estoque sem faltas de produtos e, dessa forma, não performam melhor que as políticas de estoque otimizadas selecionadas. Contudo, esse cenário não foi estudado, uma vez que não foram disponibilizadas informações suficientes para considerar a análise desses casos.

Analisando a Tabela 13, observa-se que é possível obter uma economia de aproximadamente R\$ 413 mil reais ao ano. Em particular, aplicando-se a política ótima obtida ao Produto 4, obtém-se uma economia de cerca de R\$ 209 mil reais ao ano, que representa aproximadamente 51% da economia total obtida. Sugere-se assim a empresa iniciar a implantação das políticas ótimas obtidas pelo Produto 4, realizar ajustes necessários e depois expandir para os outros produtos, a fim de obter as grandes economias descritas neste trabalho.

## 5. CONCLUSÃO

No ambiente competitivo atual, a eficácia logística pode determinar o sucesso ou fracasso de uma organização. Empresas que investem em modelos avançados de gerenciamento logístico e da cadeia de suprimentos conseguem reduzir custos operacionais e também aumentar as suas margens de lucro e melhorar significativamente sua competitividade no mercado. A integração de tecnologias, sistemas e soluções de rastreamento em tempo real permitem uma maior visibilidade e controle sobre a cadeia de suprimentos, resultando em operações mais ágeis e eficientes.

Ao mesmo tempo, a logística engloba fatores determinantes para o bom funcionamento da operação das empresas, como transporte, gerenciamento de materiais e produtos, armazenamento, distribuição, gestão de estoque, entre outros. Além disso, a logística desempenha um papel crucial na satisfação do cliente. A capacidade de entregar produtos de maneira rápida e precisa é um diferencial competitivo significativo. Em um mercado onde os consumidores estão cada vez mais exigentes e esperam entregas rápidas e sem falhas, a excelência logística pode fidelizar clientes e fortalecer a marca da empresa. Portanto, a logística e a gestão da cadeia de suprimentos são funções operacionais e estratégicas.

O gerenciamento de estoques envolve a supervisão constante dos níveis de produtos armazenados para garantir que a empresa tenha a quantidade certa de estoque disponível no momento certo. Este processo inclui o planejamento da demanda, o controle de inventário e a reposição de produtos. Uma gestão eficiente de estoques ajuda a evitar tanto a escassez quanto o excesso de produtos, o que pode levar a perdas financeiras e operacionais. Atualmente um dos grandes desafios das empresas é encontrar esse ponto ótimo de equilíbrio dos níveis de estoque, onde consigam manter a disponibilidade de produtos sem aumentar excessivamente os custos associados a eles, sabendo que os estoques representam grande percentual dos custos logísticos.

Diversos modelos de gerenciamento de estoque foram desenvolvidos para ajudar as empresas a otimizarem seus processos logísticos e solucionar problemas relacionados ao controle de inventário, uma vez que é uma problemática comum entre as organizações. Alguns exemplos desses modelos incluem o *Just in Time*, modelos de estoque de segurança, modelo de reposição contínua e lote econômico de pedido. Ao aplicar modelos

baseados em políticas de estoque, as empresas podem equilibrar melhor seus níveis de estoque, minimizar custos, melhorar a eficiência e aumentar a satisfação do cliente, resultando em uma vantagem competitiva significativa no mercado.

Dessa forma, o presente trabalho foi estruturado com base no desenvolvimento de um algoritmo em Python para aplicação de um modelo de simulação de projeção de estoque baseada na demanda histórica e na realização de novos pedidos. O objetivo foi identificar a política de estoque ótima frente a política de estoque utilizada atualmente pela empresa. Essa política de estoque otimizada visou reduzir os custos totais associados e, também, otimizar a disponibilidade de produtos, no período de 1 ano de análise. O trabalho foi desenvolvido no contexto de uma empresa de comércio de cosméticos e produtos estéticos nacional localizada no Brasil, a partir da coleta de dados e aplicação do modelo desenvolvido.

Para realização do estudo proposto, foram selecionados 5 produtos chave da empresa, os quais possuem maior representatividade de volume de saída e faturamento no período histórico analisado. Os dados históricos de demanda foram coletados e serviram de insumo para o software Arena, onde passaram pela etapa de análise probabilística a fim de identificar a melhor distribuição de demanda de cada produto. A distribuição que melhor se encaixou aos dados inseridos foi utilizada no modelo para simular de maneira assertiva a dinâmica da demanda diária projetada. Adicionalmente, outras premissas foram coletadas para compor o modelo construído, incluindo estoque inicial de cada produto, lead times fixos dos fornecedores, quantidade de carro cheio, tempo projetado, preço unitário e custo de pedido.

Partindo da premissa de horizonte de tempo de 1 ano de simulação, o modelo gerou várias combinações de níveis de estoque “s” e “S”, os quais incorporaram as políticas de estoque. Complementarmente, cada política de estoque gerada trouxe consigo os resultados de custos totais, custos de estoque, custos de pedido, número de pedidos e número de faltas, os quais foram utilizados para melhor analisar cada política, para cada produto selecionado.

Após a análise dos resultados obtidos, observou-se que a atual política de estoque utilizado na empresa não atingiu um resultado satisfatório, uma vez que os pedidos não são feitos nos tempos adequados, gerando um aumento dos custos totais e indisponibilidade dos produtos, reduzindo o nível de serviço e padrão de qualidade da

empresa. As políticas otimizadas dos 5 produtos selecionados geraram em média 12,4% de redução dos custos totais, o que representa R\$ 412.967,89 reais em economia e uma média de 23,3% de redução das faltas de produtos, que refletem um total de 183 faltas evitadas no período de análise.

Com isso, conclui-se que o presente trabalho atingiu os objetivos propostos, visto que permitiu analisar os dados atuais de demanda e políticas de estoque da empresa em questão e entender os fatores de relevância no controle de estoques, além de desenvolver um modelo de otimização das políticas de estoque (s,S). Este trabalho também minimizou os custos associados, analisando os ganhos financeiros ao comparar as políticas ótimas com as políticas atualmente utilizadas e apresentando graficamente o comportamento do estoque nos cenários atual e otimizado.

É importante destacar que não foi considerado o cenário de se obter uma redução nos custos de pedido por meio de economia de escala, uma vez que compras em maiores quantidades de produtos reduzem o custo unitário seguindo uma tabela de bonificação, porém também podem aumentar os custos de estoque e risco de obsolescência. Além disso, não foi considerado o cenário de otimização da indisponibilidade de produtos críticos com um estoque de segurança baseado em períodos de incerteza, sazonalidade ou instabilidade de fornecimento, fatores estes com possibilidade de alterar o número de faltas e os custos envolvidos na operação. Estas considerações podem ser estudadas em uma extensão desse trabalho em um futuro trabalho.

Para um próximo passo do estudo é importante revisitar cenários importantes do modelo, a fim de garantir uma melhor precisão dos dados e, dessa forma, adicionar os parâmetros de economia de escala e definição de estoque de segurança para os produtos críticos com o objetivo de definir políticas de estoque ideias para cada produto. Adicionalmente, é sugerido adicionar uma linha de estudo para a dinâmica do trade off entre o investimento necessário para zerar a falta de estoques e os potenciais ganhos com menor número de faltas.

A empresa em questão possui um total de 175 produtos em seu portfólio, e possui clientes espalhados pelas regiões Nordeste, Sudeste, Centro-Oeste e Sul do país. Portanto, a aplicação do modelo de otimização tem potencial de gerar uma economia muito relevante no contexto do setor de cosméticos e produtos estéticos. A atualização periódica

do modelo pode auxiliar nesse processo, tornando mais assertivas as projeções com base nas premissas revisadas e atualizadas ao longo do tempo.

É importante salientar que a economia total de R\$ 412 mil reais obtida aplicando-se o modelo desenvolvido para os 5 produtos da empresa sugere os relevantes ganhos que a empresa pode obter com o modelo desenvolvido. Se este ganho for extrapolado para os 175 produtos da empresa, observa-se que ela pode economizar quase R\$ 15 milhões de reais ao ano, quantia esta muito relevante para qualquer empresa. Isto demonstra a importância e a robustez do trabalho aqui desenvolvido.

**REFERÊNCIAS:**

ABRAHAMSSON, M. et al. (2003). The role of logistics in corporate strategy - Northern lights in logistics & Cadeia de Suprimentos management. Copenhagen, Denmark: Copenhagen Business Schools Press.

ALBADRANI, Abdullah; ZOHDY, Mohamed A.; OLAWOYIN, Richard. An Approach to Optimize Future Inbound Logistics Processes Using Machine Learning Algorithms. In: 2020 IEEE International Conference on Electro Information Technology (EIT). IEEE, 2020. p. 402-406.

ANDRADE, E. L. Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisões. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

BALLOU, R. H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BALLOU, Ronald H. (1997) Business Logistics - Importance and some research opportunities. Revista Gestão da Produção. Departamento de Engenharia de Produção - Universidade Federal de São Carlos, volume 4, número 2, Agosto de 1997.

Betancourt, D. F. Modelo de cantidad económica de pedido (EOQ): Qué es y cómo se hace, 2017.

Bowersox, D. J., & Closs, D. J. (2019). Logística Empresarial: O Processo de Integração da Cadeia de Suprimento. Editora Atlas.

BRUNAUD, Braulio et al. Inventory policies and safety stock optimization for Cadeia de Suprimentos planning. AIChE Journal, v. 65, n. 1, p. 99-112, 2019.

Chopra, S., & Meindl, P. (2016). Cadeia de Suprimentos management: Strategy, planning, and operation. Pearson.

Chopra, S., & Meindl, P. (2016). Cadeia de Suprimentos Management: Strategy, Planning, and Operation. Pearson.

Christopher, M. (2016). Logistics & Cadeia de Suprimentos management. Pearson UK.

CORRÊA, H., L. CORRÊA, C., A. Administração da Produção e Operações: manufatura e serviços, uma abordagem estratégica. São Paulo. Atlas, 2015

DEHNING, Bruce; RICHARDSON, Vernon J.; ZMUD, Robert W. The financial performance effects of IT-based Cadeia de Suprimentos management systems in manufacturing firms. Journal of Operations Management, v. 25, n. 4, p. 806-824, 2007.



- FARAHANI, Reza. Logistics operations and management: concepts and models. Elsevier, 2011.
- Fawcett, S. E., Ellram, L. M., & Ogden, J. A. (2007). Cadeia de Suprimentos management: from vision to implementation. Pearson/Prentice Hall.
- Fernie, J., & Sparks, L. (2003). Logistics and Retail Management: Emerging Issues and New Challenges in the Retail Cadeia de Suprimentos. Kogan Page.
- Fernie, J., & Sparks, L. (2004). Logistics and Retail Management: Emerging Issues and New Challenges in the Retail Cadeia de Suprimentos. Kogan Page.
- FREITAS, Paulo J. de. Introdução a modelagem e Simulação de Sistemas. Florianópolis, SC, Brasil: Visual Books, p. 2-14, 2001.
- HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J. Introdução à pesquisa operacional. McGraw Hill Brasil, 2013.
- Hugos, M. H. (2018). \*Essentials of Cadeia de Suprimentos Management\*. John Wiley & Sons.
- KILLE, B. M.; SCHWEMMER, R. M. (2014). Logistics and Cadeia de Suprimentos Management: Creating Value-Adding Networks. CRC Press.
- Lambert, D. M., Stock, J. R., & Ellram, L. M. (1998). Fundamentals of logistics management. McGraw-Hill.
- Lambert, D. M., Stock, J. R., & Ellram, L. M. (1998). Fundamentals of Logistics Management. McGraw-Hill.
- Law, A. M., & Kelton, W. D. (2015). \*Simulation Modeling and Analysis\*. McGraw-Hill.
- LOESCH, Cláudio; HEIN, Nelson. Pesquisa operacional. Saraiva Educação SA, 2017.
- Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D., & Zacharia, Z. G. (2008). Defining Cadeia de Suprimentos management. \*Journal of Business Logistics\*, 29(1), 1-25.
- MINNER, Stefan. Inbound logistics. In: Operations, Logistics and Cadeia de Suprimentos Management. Springer, Cham, 2019. p. 233-249.
- Monczka, R. M., Handfield, R. B., Giunipero, L. C., & Patterson, J. L. (2015). Purchasing and Cadeia de Suprimentos Management. Cengage Learning

- MOURA, Benjamim. Logística: conceitos e tendências. Centro Atlântico, 2006.
- NADLER, David A. et al (1994) Arquitetura organizacional - A chave para a mudança empresarial. Editora Campus, Rio de Janeiro.
- OLIVEIRA, Mona Liza Moura. Análise da aplicabilidade da técnica de Modelagem IDEF-SIM nas etapas de um projeto de simulação de eventos discretos. 2010.
- PEREIRA, Cláudia Daiane; CUNHA, GF da; SILVA, MG da. A simulação na pesquisa operacional: uma revisão literária. IX EEPA-Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial, Campo Mourão, 2015.
- Pidd, M. (2015). *\*Computer Simulation in Management Science\**. John Wiley & Sons.
- PRAHALAD, C.K., KRISHNAN, M. The meaning of quality in the information age. *Harvard Business Review* 5 (July/ August), pp. 109–118, 1999.
- PROTIL, Roberto Max; MOREIRA, Vilmar Rodrigues. Simulação computacional na otimização de políticas de estoque em cooperativas agrícolas, 2002.
- Robinson, S., Richardson, S., Thompson, R., & Dickinson, Y. (2015). *\*Simulation: The Practice of Model Development and Use\**. Palgrave Macmillan.
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., & Simchi-Levi, E. (2008). *Designing and managing the Cadeia de Suprimentos: Concepts, strategies, and case studies*. McGraw-Hill.
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., & Simchi-Levi, E. (2008). *Designing and Managing the Cadeia de Suprimentos: Concepts, Strategies, and Case Studies*. McGraw-Hill.
- TABOADA, C. Gestão de tecnologia e inovação na logística. IESDE BRASIL SA, pp. 16-20, 2009.
- TAKITA, Antonio Mitsumasa Vieira; LEITE, Jandecy Cabral. Inbound logistics: a case study. *Business Management Dynamics*, v. 6, n. 12, p. 14, 2017.
- Tavana, M., Hatami-Marbini, A., & Pirmohammadi, S. (2017). *\*Multi-Criteria Decision Analysis in Management\**. Springer.

**ANEXO A: CÓDIGO PYTHON**

```
import pandas as pd
import numpy as np

# Definição do cálculo de custo de transporte
def ct(ftl, quantidade):
    custoftl = 2700
    if quantidade <= ftl:
        return custoftl
    else:
        num_carros = quantidade // ftl
        if quantidade % ftl != 0:
            num_carros += 1
        return num_carros * custoftl

# Definição do cálculo de custo de estoque
def he(quantidade, preco):
    return quantidade * preco * 0.207

# Função de simulação
def simulacao_sS():
    T = 365
    L = 23 # dias de lead time
    preco = 212.2
    ftl = 8190

# Coletar resultados em listas
resultados_lista = []
```

```
for s1 in range(100, 1000, 10): # smax
    for s2 in range(50, 400, 10): # smin
        hct = []
        oct = []
        tc = []
        tp = []
        tf = []
        for _ in range(1000):
            custototal = 0
            custopedido = 0
            estoque = 135 # estoque inicial
            contfaltas = 0
            contpedidos = 0
            pedido = 0
            custohold = 0
            t1 = 0

            for i in range(1, T + 1):
                custohold += he(estoque, preco)
                if estoque < 0:
                    contfaltas += 1
                    estoque = 0

                demanda = np.random.normal(12.1, 3.67)
                estoque -= demanda

                if i == t1:
                    t1 = 0
                    estoque += pedido
                    pedido = 0
```

```
if estoque < s2 and pedido == 0:
```

```
    t1 = i + L
```

```
    pedido = s1 - estoque
```

```
    custopedido += ct(ftl, pedido)
```

```
    contpedidos += 1
```

```
custototal = custohold + custopedido
```

```
hct.append(custohold)
```

```
oct.append(custopedido)
```

```
tc.append(custototal)
```

```
tp.append(contpedidos)
```

```
tf.append(contfaltas)
```

#### **# Adicionar resultados à lista**

```
resultados_lista.append({
    'Política': (s1, s2),
    'Custo Total': np.mean(tc),
    'Custo Estoque': np.mean(hct),
    'Custo Pedido': np.mean(oct),
    'N Pedidos': np.mean(tp),
    'N Faltas': np.mean(tf)
})
```

#### **# Criar o DataFrame uma vez**

```
Resultados = pd.DataFrame(resultados_lista)
```

#### **# Salvar os resultados em um arquivo Excel**

```
Resultados.to_excel('Resultados_simulação.xlsx', index=False)
```

```
return Resultados
```

```
# Executar a simulação  
resultados = simulacao_sS()  
print(resultados)
```

**ANEXO B: CÓDIGO PYTHON GERAÇÃO DE GRÁFICOS**

```
import pandas as pd
import numpy as np

projecaoestoque = []
estoque = 135 # estoque inicial
s1 = 120
s2 = 340
pedido = 0
t1 = 0
T = 365
L = 23 # dias de lead time

for i in range(1, T + 1):
    demanda = np.random.normal(12.1, 3.67)
    projecaoestoque.append({'Dia': i, 'Estoque': estoque, 'Necessidade': demanda})
    estoque -= demanda
    if i == t1:
        t1 = 0
        estoque += pedido
        pedido = 0
    if estoque < s2 and pedido == 0:
        t1 = i + L
        pedido = s1 - estoque
    if estoque < 0:
        estoque = 0

# Convertendo a lista de dicionários em DataFrame
projecaoestoque_df = pd.DataFrame(projecaoestoque)
```

**# Salvando o DataFrame em um arquivo Excel**

```
projecaoestoque_df.to_excel('Projeção_estoque.xlsx', index=False)  
print("Arquivo 'Projeção_estoque.xlsx' foi salvo.")
```