

MAURICIO GUMIERO DA SILVA

**Otimização do estoque de SIMcard na cadeia logística de uma
empresa do ramo de adquirência**

Mauricio Gumiero da Silva

**Otimização do estoque de SIMcard na cadeia logística de uma
empresa do ramo de adquirência**

Dissertação apresentada para o exame de Defesa do Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Augusto Silva Marins

Coorientador: Prof. Dr. Ernée Kozyreff Filho

S586o Silva, Mauricio Gumiero da
Otimização do estoque de SIMcard na cadeia logística de uma empresa do ramo de adquirência / Mauricio Gumiero da Silva – Guaratinguetá, 2021.
54 f : il.
Bibliografia: f. 52-54

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2021.
Orientador: Prof. Dr. Fernando Augusto Silva Marins
Coorientador: Prof. Dr. Ernée Kozyreff Filho

1. Logística empresarial. 2. Cadeia de logística integrada. 3. Controle de estoque. I. Título.

CDU 658.5(043)

Luciana Máximo

Bibliotecária/CRB-8 3595

MAURÍCIO GUMIERO DA SILVA

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
“MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO”

PROGRAMA: ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO: MESTRADO PROFISSIONAL

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO


Prof. Dr. Jorge Maniz Junior
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:



PROF. DR. FERNANDO AUGUSTO SILVA MARINS

Orientador / UNESP/FEG

participou por videoconferência



P/ **PROFa. DRa. MARCELA APARECIDA G. M. DE FREITAS**

UNESP/FEG

participou por videoconferência



P/ **PROF. DR. ANTÔNIO AUGUSTO CHAVES**

Instituto de Ciência e Tecnologia / UNIFESP

participou por videoconferência

DADOS CURRICULARES

MAURICIO GUMIERO DA SILVA

NASCIMENTO 08.09.1989 – Sorocaba / SP

FILIAÇÃO Mario de Oliveira da Silva
Sandra Gumiero da Silva

2008/2013 Graduação em Engenharia de Produção Mecânica
Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

dedico este trabalho
de modo especial, ao meu pai, que nos deixou
neste último ano. Fica teu legado. Fica a imensa
saudades. Te amo.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço aos meus pais, *Sandra e Mário*, que forneceram a base e conhecimento e deram o melhor de si para que eu pudesse atingir meus objetivos;

à minha esposa *Karina* pelo apoio e companheirismo de sempre, além da ajuda nas revisões gramaticais deste texto e à minha filha *Lorena* pela compreensão da minha ausência nos diversos finais de semana enquanto eu fazia este trabalho;

aos meus orientadores, *Prof. Dr. Fernando Augusto Silva Marins* e *Prof. Dr. Ernée Kozyreff Filho* pelo direcionamento, reuniões, inúmeras revisões e sugestões, os quais possibilitaram a confecção desta dissertação;

aos meus colegas de turma e trabalho, *Sasaki, Airton e Testoni* pela ajuda nos trabalhos, nas aulas e na dissertação que foram essenciais para a conclusão deste curso de mestrado;

“Conhecimento não é aquilo que você sabe,
mas o que você faz com aquilo que você sabe.”

Aldous Huxley

RESUMO

O mercado de adquirência vem sofrendo diversas mudanças nos últimos anos com alterações de regulamentações e aumento da competitividade. Neste cenário o *supply chain management* (SCM) tem ganhado cada vez mais relevância no setor, levando as empresas a melhorarem o nível de serviço de atendimento ao cliente e a manter os custos sob controle. Entretanto, foi identificado que o SCM é um campo pouco explorado no mercado de adquirência, sendo então este trabalho uma oportunidade de contribuir para o meio acadêmico. Foi observada também a oportunidade de construir um modelo de estoque considerando o transporte como custo variável, diferentemente da maior parte dos modelos encontrados nesta pesquisa da literatura. O objetivo deste estudo foi desenvolver um modelo de alocação de estoque para cadeia de SIMcards em uma empresa brasileira do ramo de adquirência, mantendo o nível de serviço acordado com o cliente. Foram calculados os custos de estoque e de transporte para diferentes ciclos de abastecimento para todas as combinações de bases e operadoras dos SIMcards, de modo a obter a configuração de menor custo total da cadeia. Os resultados mostraram que não se pode considerar os custos de forma individual e considerando ambos os custos, transportes e estoque, tem-se oportunidade de aumento de eficiência na operação estudada. Foi verificado também que as diferenças nas variáveis entre cada base, especialmente a demanda, influenciam na definição do ciclo de abastecimento com o menor custo, confirmando a importância de se realizar avaliação caso a caso.

PALAVRAS-CHAVE: *Supply chain management*. Mercado de adquirência. SIMcard. Modelo de estoque. Transporte.

ABSTRACT

The acquiring market has been changing in recent years with modifications in regulations and increased competitiveness. In this scenario, supply chain management (SCM) has been gaining greater relevance in the sector, leading companies to improve the level of customer service and keep costs under control. However, it was identified that SCM is a less explored field in the acquirer market, so this work is an opportunity to contribute to the academic research. It was observed the opportunity to build an inventory model considering transportation as a variable cost, unlike most models found in this literature search. The objective of the study was to develop an inventory allocation model for the SIMcard chain in a brazilian company in the acquiring sector, keeping the service level agreed with the customer. Inventory and transport costs were calculated for different supply cycles for all SIMcards operators and transportation hubs, in order to obtain the lowest total cost configuration in the supply chain. The results show that the costs cannot be considered individually and considering both costs, transport and inventory, there is an opportunity to increase efficiency in the studied operation of this work. It was also verified that the differences in the variables between each transportation hubs, especially the demand, influence the definition of the supply cycle with the lowest cost, confirming the importance of carrying out a case by case assessment.

KEYWORDS: Supply chain management. Acquiring market. SIMcard. Inventory model. Transportation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - “Supply chain” e “Inventory management”	17
Figura 2 - Periódicos "supply chain" and "inventory management"	17
Figura 3 - País "supply chain" e "inventory management"	18
Figura 4 - “Inventory model” e “service level”	19
Figura 5 - "Acquirer"	20
Figura 6 - Compensações gerais nos custos/receitas em vários níveis dos serviços logísticos ao cliente	23
Figura 7 - Evolução de estoque com (a) demanda determinística, (b) demanda incerta e (c) demanda incerta e estoque de segurança.....	24
Figura 8 - Política de estoque atual.....	26
Figura 9 - Representação da cadeia logística da empresa estudada.....	29
Figura 10 - Fluxo do abastecimento de SIMcard.....	31
Figura 11 - Política de estoque (ciclo menor)	33
Figura 12 - Política de estoque (ciclo maior)	34
Figura 13 - Comparação de ciclos diferentes	34
Figura 14 - Aumento de preço x aumento de peso transportado	35
Figura 15 - Estoque por ciclo da base exemplo de aplicação do modelo	38
Figura 16 - Análise de custos do exemplo de aplicação do modelo.....	41
Figura 17 - Análise de custos de uma base P	43
Figura 18 - Análise de custos de uma base M	43
Figura 19 - Análise de custos de uma base G.....	44
Figura 20 - Variação dos custos do ciclo ideal x ciclo atual das 420 combinações	46
Figura 21 - Comparação entre ciclos únicos	47
Figura 22 - Comparação de custos entre diferentes configurações	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de artigos por palavras-chave	16
Tabela 2 - Relação Ciclo x Estoque x transporte.....	36
Tabela 3 - Exemplo tabela de frete do CD SP para a Base “X”	37
Tabela 4 - Dados da base exemplo para aplicação do modelo.....	38
Tabela 5 - Custo de Transporte do exemplo de aplicação do modelo	39
Tabela 6 - Custo de estoque do exemplo de aplicação do modelo	39
Tabela 7 - Clusters das bases.....	42
Tabela 8 - Dados das combinações selecionadas	42
Tabela 9 - Ciclo ideal por combinação	45
Tabela 10 - Variação dos custos do ciclo ideal x ciclo atual das 420 combinações.....	46

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CD	Centro de Distribuição
DRP	<i>Distribution Requirements Planning</i>
MRP	<i>Material Requirements Planning</i>
SC	<i>Supply Chain</i>
SCM	<i>Supply Chain Management</i>
S&OP	<i>Sales and Operations Planning</i>
SKU	<i>Stock Keeping Unit</i>
SIMcard	<i>Subscriber Identity Module Card</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA E QUESTÃO DE PESQUISA	13
1.2	OBJETIVOS, DELIMITAÇÃO, JUSTIFICATIVAS E LACUNA DE PESQUISA	14
1.3	ETAPAS E CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	20
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	21
2	REFERENCIAL TEÓRICO	22
2.1	RISCOS EM SCM E GESTÃO DE ESTOQUE	22
2.2	MODELO DE REVISÃO CONTÍNUA	25
3	DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	28
3.1	DESCRIÇÃO DA EMPRESA ESTUDADA E DO PROBLEMA	28
3.1.1	Estrutura Logística	28
3.1.2	Atendimento de SIMcard na base	30
3.1.3	Área de Planejamento Integrado	31
3.2	MODELO ATUAL E MODELO PROPOSTO	32
3.3	RESULTADOS E ANÁLISES	37
3.3.1	Exemplo de aplicação do modelo	37
3.3.1.1	Cálculo de estoque	37
3.3.1.2	Cálculo dos custos	39
3.3.1.3	Resultados	40
3.3.2	Análise completa	41
4	CONCLUSÕES	49
4.1	VERIFICAÇÃO DOS OBJETIVOS E RESPOSTAS ÀS QUESTÕES DE PESQUISA	50
4.2	SUGESTÕES PARA CONTINUIDADE DO TRABALHO	50
	REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA E QUESTÃO DE PESQUISA

O gerenciamento da cadeia de suprimento, também conhecido como SCM (*supply chain management*) pode ser definido como o gerenciamento do fluxo de mercadoria física, informações e financeiro dentro e fora da empresa com o objetivo de agregar valor e conseguir a satisfação do cliente (MENTZER et al., 2001). Complementando essa visão, Ellinger e Ellinger (2014) definem SCM como um gerenciamento proativo das atividades e processos da cadeia para maximizar o valor ao cliente e alcançar vantagem competitiva sustentável por meio de esforços das organizações que fazem parte da cadeia.

O tema vem ganhando cada vez mais relevância no mercado devido ao seu alcance nos processos e da importância nos resultados. O SCM pode gerar uma vantagem competitiva ao propiciar um grande potencial de retorno financeiro para as empresas (PALOMINO; CARLI, 2008). Ainda, pode-se afirmar que a satisfação dos clientes e a qualidade dos serviços e produtos que são ofertados são fatores-chave para as empresas que buscam a consolidação ou crescimento no mercado (BERTAGLIA, 2016).

A integração do redesenho da cadeia de suprimentos e das decisões táticas, assim como a definição dos níveis de estoque e conexão de cada ponto da cadeia, são um dos mais desafiadores problemas de uma empresa, podendo impactar seu desempenho financeiro (RODRIGUEZ et al., 2014).

Dessa forma, uma estratégia proposta por You e Grossmann (2008) é definir o estoque de segurança como uma variável de decisão no modelo de otimização, garantindo o nível de serviço de modo a reduzir a escassez nos estoques. Em casos onde há incertezas sobre os parâmetros do problema de gestão de estoque com demanda e *lead times* incertos, recomenda-se a utilização de modelos de programação estocástica (otimização probabilística) que possibilita o cálculo de uma solução que aumenta a probabilidade de o cliente ser atendido no prazo acordado (MIGUEL et al., 2018).

O produto que será entregue ao cliente ou serviço que será oferecido pode ser algo crítico para ele. Nesse caso o prazo esperado pode ser baixo, tornando-se um ponto extremamente crítico. Dessa forma, é fundamental garantir a disponibilidade de estoque na cadeia de suprimentos de forma a atender o cliente no menor prazo possível (RODRIGUEZ et al., 2014).

Portanto, a gestão de estoque se tornou um objetivo fundamental para, em conjunto, reduzir o custo de estoque e melhorar o atendimento ao cliente final. É possível, ainda, revisar

as políticas de estoques vigentes nas empresas, reduzindo as perdas e ao mesmo tempo mantendo o nível de serviço desejado.

O contexto do problema estudado nesta dissertação está inserido em uma empresa de adquirência brasileira, especificamente na cadeia logística responsável pela instalação, troca e retirada dos terminais (maquininhas de cartão). Em grande parte dos terminais utilizados pelos clientes, as transações são feitas com sinal GPRS (2G ou 3G) e, para isso, é necessário inserir um SIMcard (*Subscriber Identity Module Card*) na mesma. Este é o produto que será o objeto de estudo nesta pesquisa.

A operação da empresa estudada conta com três centros de distribuição (CDs) onde ocorrem o processo de recebimento dos SIMcards de quatro operadoras diferentes, a triagem e a expedição para mais de 100 bases que operam com estoque avançado. Nas bases de estoque avançado são realizados o recebimento dos SIMcards, o armazenamento desses itens e a posterior disponibilização aos técnicos que farão o atendimento ao cliente final. No momento em que é feita uma retirada ou troca do equipamento do cliente, o SIMcard retorna para a base e poderá ser reutilizado nos próximos serviços. Nas bases, ainda é realizada a logística reversa: os SIMcards que apresentarem algum defeito na instalação deverão ser disponibilizados para reversa e coletados para voltarem aos CDs, onde será avaliada a possibilidade de reparo desses itens para reincorporação ao estoque.

Levando-se em conta particularidades e complexidade da operação descrita, há necessidade de que a política de estoque vigente garanta a disponibilidade de SIMcards na base para o atendimento ao cliente evitando atrasos, porém sem que se tenha um excesso de estoque ao longo da cadeia logística.

Dado o contexto apresentado, a questão de pesquisa que motivou o desenvolvimento deste trabalho foi: seria possível se ter um modelo de programação matemática que permitisse a obtenção de quantidades ideais de estoque de SIMcard, atendendo aos níveis de serviço acordados com os clientes?

1.2 OBJETIVOS, DELIMITAÇÃO, JUSTIFICATIVAS E LACUNA DE PESQUISA

O objetivo geral desta dissertação foi desenvolver um modelo de alocação de estoque para cadeia de SIMcard, mantendo o nível de serviço acordado com o cliente em uma empresa brasileira do ramo de adquirência. Os objetivos específicos foram:

- Realizar uma análise bibliométrica sobre o tema buscando identificar lacunas e tipos de abordagens disponíveis.

- Mapear a cadeia de SIMcard numa empresa brasileira do ramo de adquirência.
- Desenvolver e validar um modelo de alocação de estoque na empresa estudada.

Este trabalho está delimitado à abordagem do *SKU (Stock Keeping Unit)* de SIMCard de quatro operadoras de telefonia utilizados nos terminais dentro da cadeia de suprimentos de uma empresa brasileira do ramo de adquirência.

Passa-se a discorrer sobre justificativas para o desenvolvimento desta pesquisa. A flexibilidade da cadeia de suprimentos é amplamente reconhecida como uma abordagem para gerenciar incertezas, que podem surgir de várias fontes, como a interrupção da demanda e fornecimento e variação do *lead time* de entrega (ESMAEILIKIA et al., 2016). Gerenciar esse tema consiste em identificar os riscos, avaliar as prioridades, monitorar as incertezas e sazonalidades da demanda e, por fim, controlar toda a gestão de estoque (GOVINDAN et al., 2015)

A volatilidade da demanda é um dos desafios no desenho de uma cadeia logística, porém é fundamental que as decisões sejam tomadas considerando essa incerteza (GOVINDAN et al., 2017). Uma possível solução nesse caso é a inserção de estoques de segurança ao longo da cadeia de suprimentos, no sentido de que, mesmo com uma demanda volátil, seja possível, com certo nível de confiabilidade, garantir o nível de atendimento ao cliente final (RODRIGUEZ et al., 2014).

Segundo Bertaglia (2016), um dos objetivos mais importantes em uma cadeia de suprimentos é a otimização na distribuição de mercadorias considerando toda a cadeia de valor. Dessa forma, é fundamental que se tenha controle de todas as etapas da cadeia, passando pelos fornecedores, centros de distribuição, bases de atendimento ao cliente e o transporte entre todos os elos citados. A partir do controle do processo é possível calcular o estoque de segurança e por fim o estoque ótimo, reduzindo-se custo e mantendo-se a qualidade no serviço ao cliente.

Para verificação do interesse da comunidade científica, identificação de aplicações práticas e da contemporaneidade deste trabalho, foi realizada uma análise bibliométrica que se passa a descrever na sequência. Por intermédio desta análise pretende-se caracterizar as lacunas de pesquisa que esta dissertação procurará tratar.

A principal fonte para pesquisa de artigos foi a plataforma *Scopus*, utilizada no período entre abril a julho de 2020. Os filtros para as pesquisas foram: o ano de publicação do artigo, de 2015 a 2020 e o tipo de documento, considerando o tipo “*Article or Review*”.

Nas primeiras pesquisas foram utilizadas palavras-chave mais genéricas, como “*Supply chain*”, “*Transportation*” e “*Inventory model*”, porém o número de artigos resultantes dessas pesquisas foi muito grande, representado na Tabela 1, o que dificultou a seleção de artigos relevantes ao tema estudado.

Tabela 1 - Número de artigos por palavras-chave

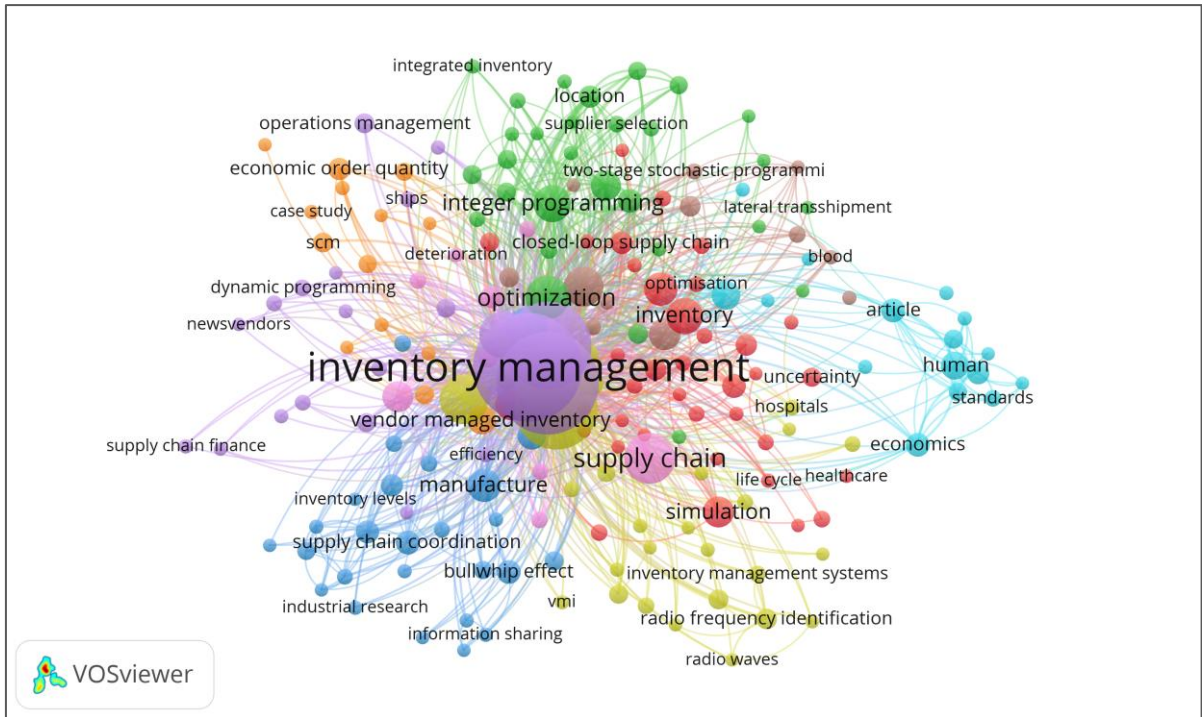
Palavra-Chave	Resultado
“Supply chain” AND “Transportation”	2606
“Inventory model”	1412
“Supply chain” AND “Inventory management”	611
“Inventory policy”	411
“Supply chain” AND “Inventory management” AND “Transportation”	88
“Inventory model” AND “service level”	61

Fonte: Scopus (2020).

Com o auxílio do VOSviewer na versão 1.6.15.0, desenvolvido pelo *Center for Science and Technology Studies* (CWTS, 2020) da universidade de Leiden, foram criadas redes com as principais palavras chaves, auxiliando a descoberta de novos termos e possibilitando o refinamento para novas pesquisas.

A primeira rede foi feita a partir da pesquisa utilizando-se as palavras chaves “*Supply chain*” e “*Inventory management*”. Nesta rede, os termos que ficaram em destaque foram: “*supply chain*”, “*inventory management*”, “*integer programming*”, “*optimization*”, “*manufacture*” e “*simulation*”. Estes e os demais termos, assim como a correlação entre eles, estão representados na Figura 1.

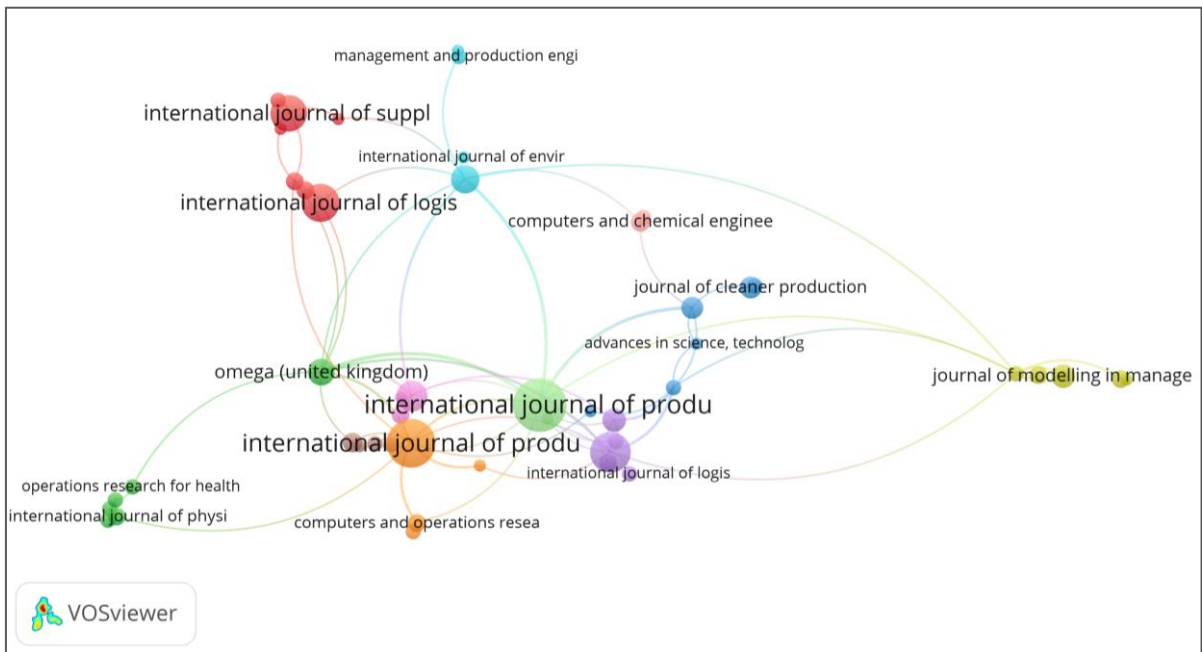
Figura 1 - “Supply chain” e “Inventory management”



Fonte: CWTS (2020).

Ainda, com base nesta pesquisa, foi feita a rede considerando os periódicos com mais citações. Os periódicos e a relação entre eles estão representados na Figura 2.

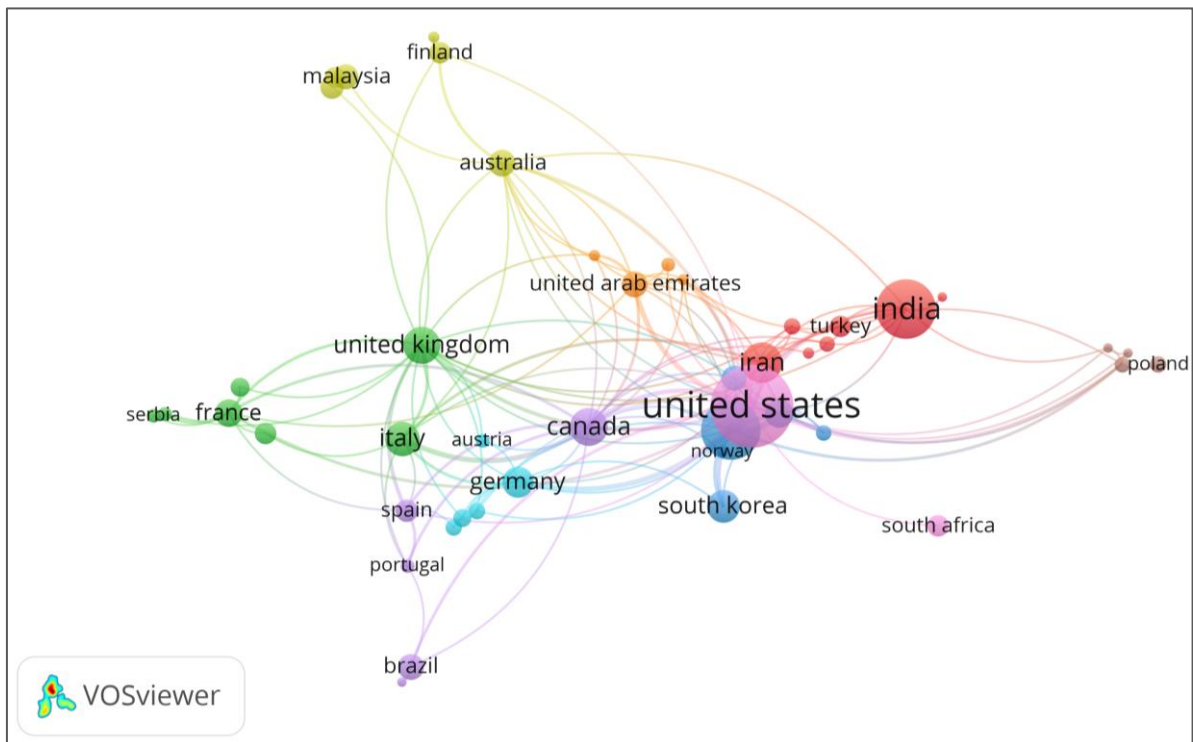
Figura 2 - Periódicos "supply chain" and "inventory management"



Fonte: CWTS (2020).

Por fim, foi gerada uma rede considerando os países de origens de autores com mais artigos publicados. Observa-se, na Figura 3, uma grande concentração em países como Estados Unidos, Índia, China, Reino Unido e Coréia do Sul. Observa-se ainda que os artigos com autores brasileiros têm uma maior correlação com autores de Portugal, Canadá e Estados Unidos, apesar de o número total de artigos não ser tão expressivo quanto o destes países.

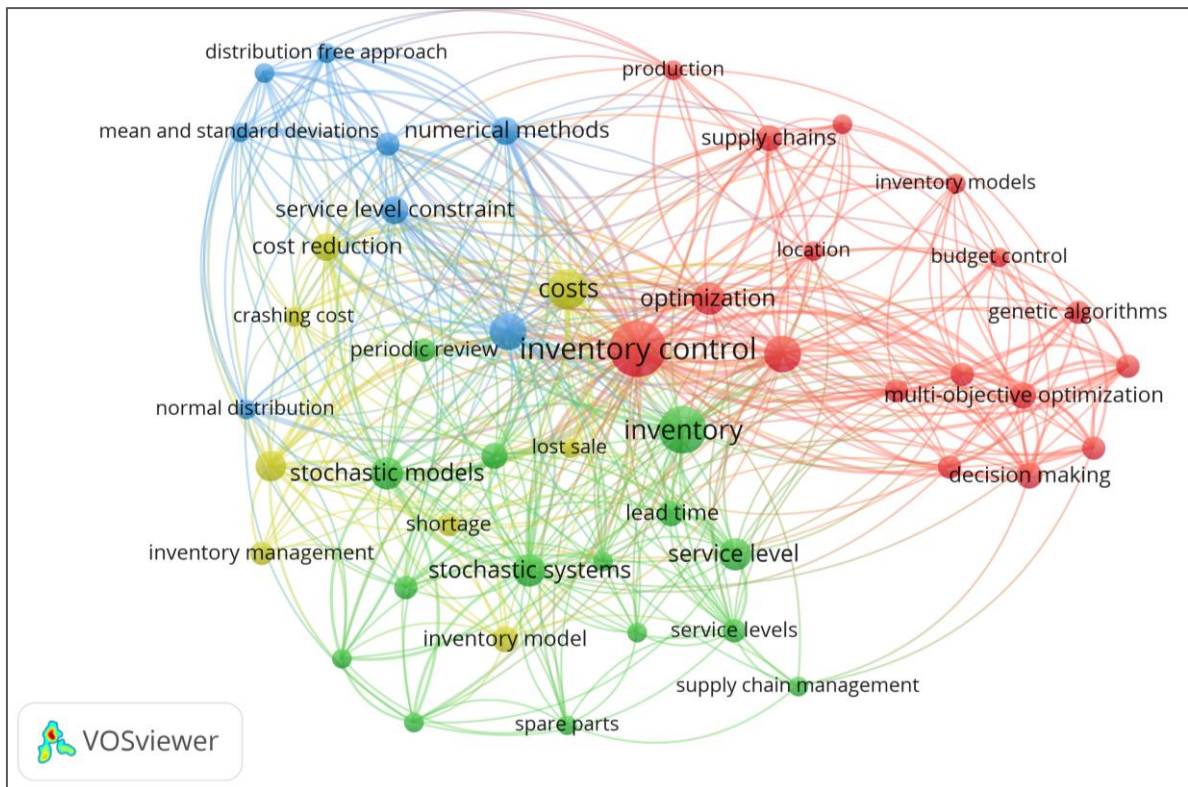
Figura 3 - País "supply chain" e "inventory management"



Fonte: CWTS (2020).

Por meio dos resultados obtidos das análises no VOSViewer e pela leitura de diversos artigos pesquisados, novos filtros foram utilizados e chegou-se a pesquisas mais relevantes ao estudo. A utilização dos termos “*Inventory model*” em conjunto de “*service level*” trouxe um refinamento na pesquisa trazendo 61 artigos, os quais se mostraram mais aderentes ao tema desta pesquisa. As principais palavras obtidas podem ser vistas na Figura 4.

Figura 4 - “Inventory model” e “service level”

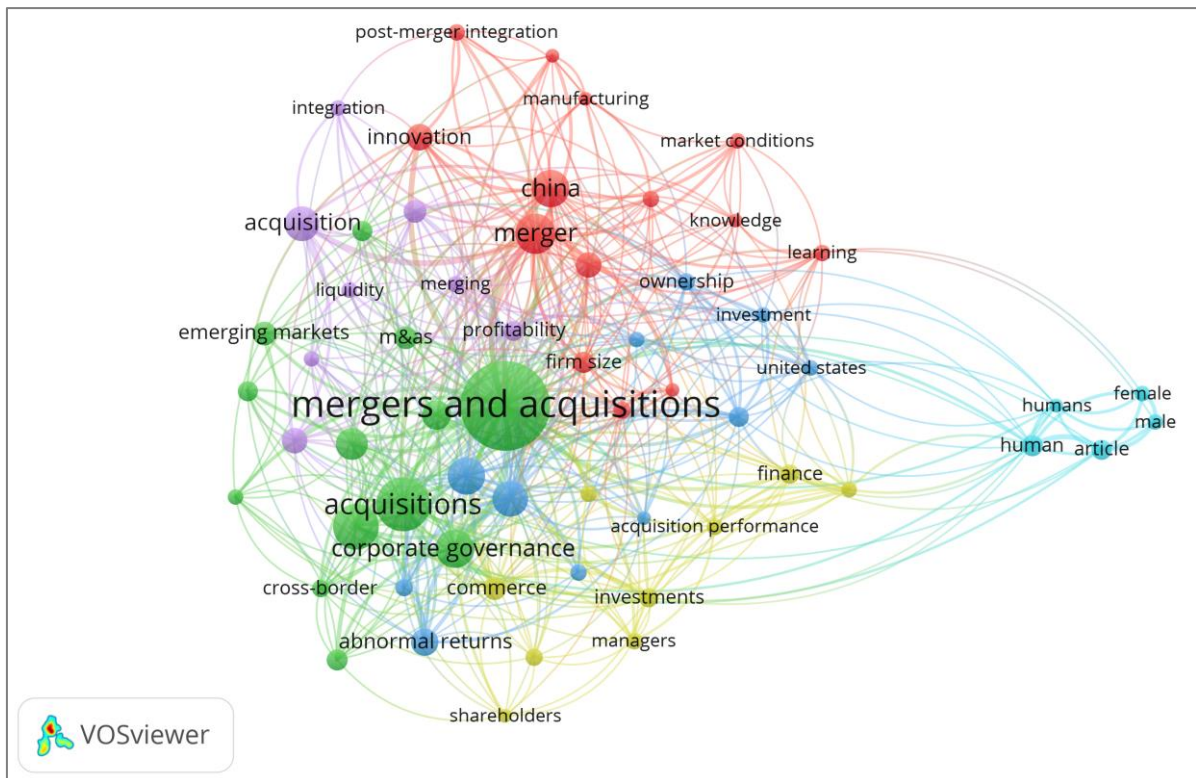


Fonte: CWTS (2020).

Por meio das análises dos artigos utilizados como referência nesta pesquisa foi identificado que a maior parte deles considera o custo de transporte como um parâmetro constante nos modelos. Porém, ao longo desta pesquisa será demonstrado que o custo de transporte por unidade pode variar conforme a volumetria total transportada, tornando-se uma grande oportunidade para trazer eficiência na cadeia de suprimentos

Considerando agora o tema “mercado de adquirência”, foi feita uma pesquisa considerando apenas a palavra-chave “*acquirer*” (adquirência) que resultou em uma lista de 763 artigos publicados nos últimos 5 anos. A rede construída com as principais palavras chaves utilizando-se a ferramenta VOSviewer pode ser vista na Figura 5. As principais palavras encontradas foram “*mergers and acquisitions*”, “*acquisitions*”, “*finance*”, “*China*” e “*corporate governance*”, porém não há nenhuma citação à SCM. De fato, quando foram pesquisados artigos com títulos contendo “*acquirer*” e “*supply chain*” na plataforma *Scopus*, em todas os anos, não foi encontrada nenhuma publicação.

Figura 5 - "Acquirer"



Fonte: CWTS (2020).

Finalmente, por meio das pesquisas realizadas, foi verificado que há um campo inexplorado considerando o SCM no mercado de adquirência, aumentando a relevância deste trabalho ao contribuir para esse tema. Foi identificada também a oportunidade de construir um modelo de estoque considerando o transporte como custo variável, diferentemente da maior parte dos modelos encontrados nesta pesquisa da literatura.

1.3 ETAPAS E CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa foi desenvolvida com base em um problema real de uma empresa de adquirência, onde foi feito o estudo do processo, identificação das variáveis relevantes do modelo e coleta de dados, podendo desse modo ser classificada como uma pesquisa aplicada com abordagem quantitativa. Dentre as metodologias da abordagem quantitativa, pode-se classificar essa pesquisa como empírica normativa, dada a natureza empírica dos dados, preocupação com aplicabilidade do resultado no processo real e o desenvolvimento de uma política para melhorar a situação corrente (MIGUEL et al., 2018).

Com o intuito de compreender melhor o ambiente estudado, identificar os problemas e formular estratégias, de modo que facilite a tomada de decisão, foi utilizado o método de modelagem e simulação (MIGUEL et al., 2018). Foram utilizados modelos de programação matemática para resolução do problema de dimensionamento de estoques na cadeia de suprimentos estudada. Incluiu-se nesta modelagem a possibilidade de ocorrência de incertezas nos parâmetros envolvidos, como a demanda dos produtos e os *lead times* de transporte entre as etapas da cadeia de suprimentos.

As etapas do trabalho, seguindo as sugestões de Arenales et al. (2015), foram:

- Modelagem: o problema em questão foi estudado detalhadamente, com intuito de identificar as principais variáveis do processo, as relações matemáticas existente entre elas e o objetivo da pesquisa. Nesta etapa, o resultado foi o modelo matemático que representou o problema estudado.
- Coleta e Análise: esta etapa foi dedicada à coleta de dados, resolução do problema modelado e construção de diferentes cenários possíveis. Como já comentado, dada a natureza incerta de alguns parâmetros importantes, como a demanda de produtos (mix entre os produtos, variação de demanda regional ou volumetria total) e *lead time* de transporte entre os elos da cadeia de suprimentos, foi adotada uma abordagem estocástica para a resolução do modelo construído.
- Conclusões: baseados nos resultados da análise, foram avaliados os melhores cenários e a aplicabilidade na operação.
- Validação: com os dados históricos foi feito “*backtest*” para validação do resultado para posterior implementação na operação real.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação está organizada em mais três capítulos. No Capítulo 2 apresenta-se a revisão bibliográfica contendo conceitos e métodos que foram utilizados para atingir o objetivo estabelecido. No Capítulo 3 está a descrição da empresa e dos problemas estudados, o modelo proposto e as análises dos resultados. Finalmente, no Capítulo 4, estão as conclusões do trabalho com a verificação de objetivos atingidos e as sugestões para pesquisas futuras, sendo seguido das referências bibliográficas consultadas para a elaboração deste texto.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 RISCOS EM SCM E GESTÃO DE ESTOQUE

Para Samvedi, Jain e Chan (2013), o risco é inerente a quase todas as atividades de gerenciamento da cadeia de suprimentos, dado que ocorrem porque não se sabe com exatidão o que vai acontecer no futuro. Os autores afirmam ainda, que dada a crescente busca de eficiência, as empresas estão cada vez mais expostas a esses riscos.

Riscos externos, como eventos ambientais e sociais, podem levar a interrupções na cadeia de suprimentos e apesar de não se ter total controle destes, é importante que sejam criados meios de controlar como lidar com essas interrupções (SILVA, 2017). Como ilustração destas situações atípicas, em 2020, o SCM experimentou uma série de impactos causado pelo surto de vírus COVID-19 e uma pandemia global, causando interrupções do SC diferente de qualquer outro caso nos últimos tempos (IVANOV, 2020).

Para Golan, Jernegan e Linkov (2020) o objetivo mais comum da modelagem da cadeia de suprimentos é otimizar a eficiência e reduzir custos, mas as compensações entre eficiência e flexibilidade e resiliência podem não ser totalmente resolvidas, sendo que o conceito de cadeia de suprimentos resiliente envolve a capacidade de se recuperar dos impactos negativos de interrupções desconhecidas e se adaptar a incertezas desses eventos futuros.

Por outro lado, um dos principais riscos internos em SCM, e provavelmente o que pode gerar maior impacto ao cliente, é a incerteza da demanda. De fato, a variação da demanda pode levar a uma falta de produto (*stockout*) em determinada etapa da cadeia, o que leva o cliente a não receber seu produto no prazo combinado. Para Jiang e Shi (2019), o *stockout* tem um grande impacto na lucratividade da empresa e estes autores afirmam ainda que se pode obter muitos benefícios através de pequenas reduções nas taxas de falta de estoque.

Para mitigar o risco de ruptura de estoque na cadeia é necessária a construção de um estoque de segurança que garante o atendimento ao cliente (RODRIGUEZ et al., 2014). Segundo Schuster e Tancrez (2017) o nível de estoque de segurança depende da variabilidade da demanda, dos prazos de entrega e do nível de serviço necessário.

Um dos principais fatores do cálculo de estoque de segurança é o fator de segurança α tem outro, que está diretamente ligado ao nível de serviço que a empresa está disposta a oferecer ao cliente. Ao identificar as receitas do atendimento ao cliente e despesas relacionadas à cadeia de suprimento é possível estabelecer o nível de serviço que irá maximizar a contribuição do lucro da empresa e o nível de estoque necessário. A partir de um certo ponto, o aumento dos

custos logísticos traz um pequeno aumento na receita ou venda, dessa forma reduzindo o lucro total obtido (BALLOU, 2011). Pode-se ver um exemplo dessa relação na Figura 6.

Figura 6 - Compensações gerais nos custos/receitas em vários níveis dos serviços logísticos ao cliente



Fonte: Ballou (2011).

Na Figura 6 pode-se observar que quanto maior o nível de serviço logístico oferecido ao cliente, maior a receita gerada pelas vendas. Porém, a partir de um certo ponto, para se aumentar o serviço logístico é necessário um investimento muito alto, elevando-se os custos logísticos e, ainda assim, não gerando um aumento significativo na receita de vendas. Desse modo, existe um certo nível de serviço que propicia um equilíbrio entre custos e receitas, maximizando o lucro total da empresa.

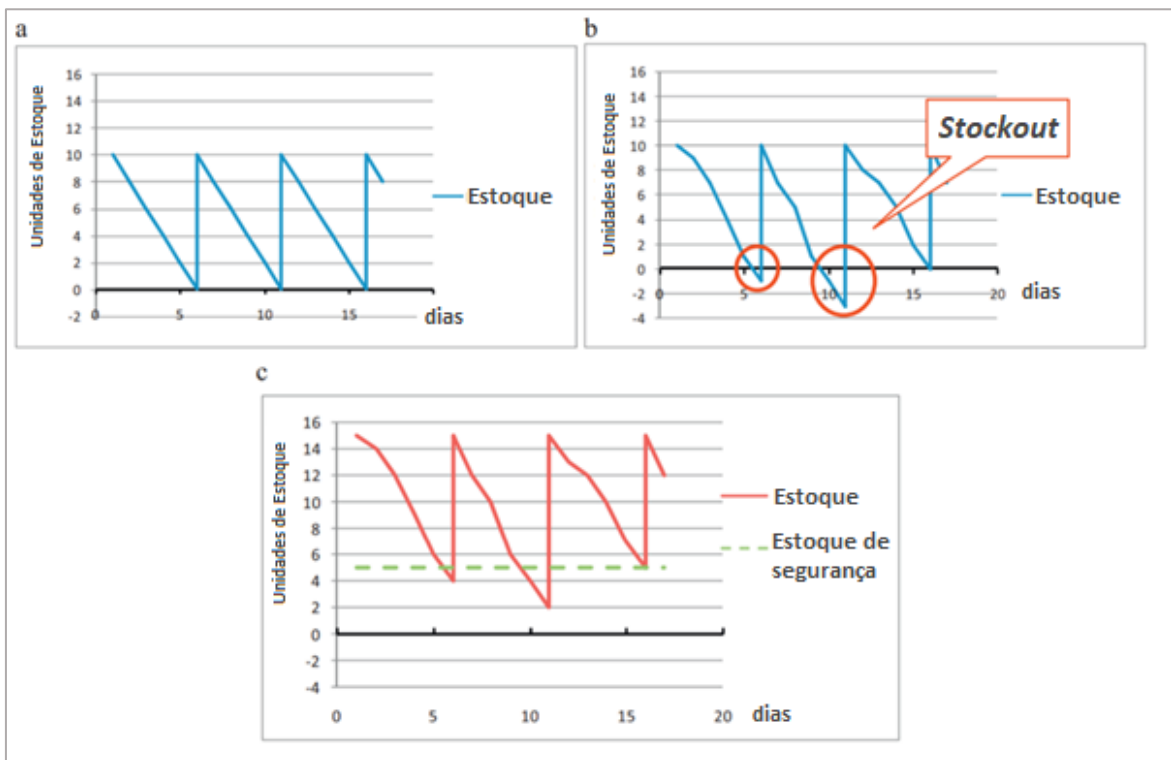
Outro fator importante no cálculo de estoque é o *lead time* de transporte, que consiste em muitos componentes, como preparação de pedidos, trânsito dos produtos, tempo de espera, tempo de entrega etc. Dessa forma, com uma redução do tempo de entrega é possível ter uma redução da necessidade de estoque de segurança, sem impactar o nível de serviço.

Para Rodriguez et al. (2014) é necessário possuir uma política de abastecimento para gerenciamento de estoque. Nesse método há uma revisão periódica do estoque e o valor da reposição é definido pela diferença entre o nível de estoque atual e o nível de estoque no momento da revisão. Para demanda determinística, se assume uma taxa constante de demanda em que em cada período seja solicitada a mesma quantidade, que é exatamente a demanda

esperada no período de *lead time*. Porém, para cenários onde a demanda é incerta essa situação não se aplica. Se o nível de estoque não for calculado adequadamente e a demanda for maior que a esperada haverá perda de vendas ou atraso no pedido. Caso tenha-se uma demanda menor, haverá um excesso de estoque.

Na Figura 7, os gráficos (a) e (b) mostram diferentes evoluções dos estoques durante o período, considerando a demanda determinística e a incerta, respectivamente. Considerando um estoque de segurança para o cenário do gráfico (b) na Figura 7, tem-se o resultado no gráfico (c) da Figura 7, onde se garante que a demanda será atendida (RODRIGUEZ et al., 2014):

Figura 7 - Evolução de estoque com (a) demanda determinística, (b) demanda incerta e (c) demanda incerta e estoque de segurança



Fonte: Adaptado de Rodriguez et al. (2014)

A inserção de um estoque de segurança, porém, se não estruturada e executada com uma sistemática correta, pode acarretar excesso de estoque e custos desnecessários para a empresa. Para Jha e Shanker (2014), os custos e os atrasos precisam ser constantemente reduzidos para alcançar o desempenho ideal de uma cadeia de suprimentos e uma decisão integrada das operações de produção, estoque e entrega mostrou uma estratégia eficaz. Assim, o desafio fundamental nas tomadas de decisões em SCM se resume em minimizar o custo de estoque na cadeia e ainda oferecer um serviço ao cliente de alta qualidade (JIANG; SHI, 2019).

Lee et al. (2012), Jha e Shanker (2014) e Sarkar et al. (2015) elaboraram modelos de gestão de estoque, considerando uma restrição de nível de serviço, ao invés de calcular um custo pelo não atendimento ao cliente, levando-se em conta também uma demanda estocástica com distribuição normal. Dessa forma os modelos são simplificados, restringindo as variáveis a considerar apenas o custo de estoque e custo de transporte.

Shin et al. (2016) formularam o problema de estoque considerando uma restrição do nível de serviço e o custo de transporte como um parâmetro variável em função do volume transportado. Os autores explicam que parte do custo de transporte é fixo e não depende diretamente da quantidade transportada, dessa forma o custo de transporte pode ser reduzido ao se aumentar o volume da carga.

Para uma formulação assertiva do problema de estoque é fundamental entender a incidência dos principais componentes de custos que afetam a cadeia logística. A definição destes componentes pode variar entre diferentes autores. Barreta e Tabach (2001) afirmam que o custo logístico é formado por custos de estoque, armazenagem, transporte, manuseio e impostos, enquanto Ballou (2011) afirma que os custos logísticos compreendem armazenagem, administração, manutenção de estoques e realização de pedidos. Já Santos et al. (2016) considera parte dos custos logísticos os processos de transporte, distribuição, manuseio, reprocessamento, entre outros.

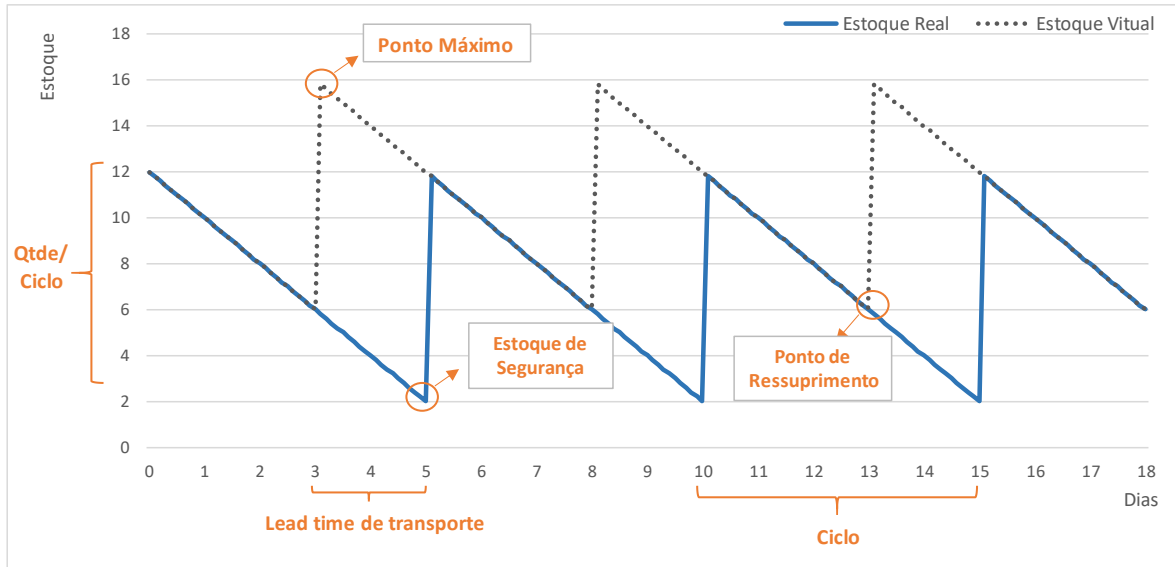
Alguns outros autores resumem os custos da cadeia de suprimentos em alguns grandes grupos, como custo de estoque, custo de armazenagem, custo de transportes e custo do processamento dos pedidos (FREIRES, 2011; HAVENGA, 2010). Luming e Weiyi (2009) afirmam ainda que além dos custos normalmente citados na cadeia logística, há os custos implícitos, entre eles o custo de oportunidade, custos de impostos, custos de mercadorias danificadas e custos de erros logísticos.

Segundo Jha e Shanker (2014), no cenário atual, custos e atrasos precisam ser constantemente reduzidos para alcançar o desempenho ideal de uma cadeia de suprimentos. Dessa forma, a política para reposição de estoque é parte fundamental para controlar e minimizar esses custos, mantendo o nível de serviço combinado com o cliente (JIANG; SHI, 2019).

2.2 MODELO DE REVISÃO CONTÍNUA

O modelo de revisão contínua utilizado por Lee et al. (2012), Jha e Shanker (2014) e Sarkar et al. (2015), onde é considerado uma restrição pelo nível de serviço, pode ser representado na Figura 8.

Figura 8 - Política de estoque atual



Fonte: Autoria Própria.

O ponto máximo na Figura 8 é momento em que o estoque virtual atinge seu nível máximo no ciclo de abastecimento. Pode-se assim afirmar que a necessidade de estoque nesta cadeia é igual ao ponto máximo. Para calcular o ponto máximo de estoque ($P_{m\acute{a}x}$), soma-se o estoque de segurança ($E_{seguran\c{c}a}$), o estoque de *lead time* ($E_{lead\ time}$) e o estoque de ciclo (E_{ciclo}), como representado em (1).

$$P_{m\acute{a}x} = E_{seguran\c{c}a} + E_{leadtime} + E_{ciclo} \quad (1)$$

O estoque de segurança pode ser calculado por meio de (2), sendo σ desvio padrão da demanda, k o *lead time* de reabastecimento, $\Phi^{-1}[\alpha]$ o inverso da distribuição cumulativa normal (fator de segurança que obtém uma disponibilidade de α), μ a demanda média diária e σ_k^2 o desvio padrão ao quadrado do *lead time* (DISNEY et al., 2016):

$$E_{seguran\c{c}a} = \Phi^{-1}[\alpha] * \sqrt{k\sigma + \mu^2\sigma_k^2} \quad (2)$$

O estoque de *lead time* ($E_{leadtime}$) se refere ao estoque em trânsito, que é calculado multiplicando-se o *lead time* k pela demanda diária μ conforme está em (3):

$$E_{leadtime} = k * \mu \quad (3)$$

Na Figura 8, o estoque de *lead time* pode ser observado entre os períodos de ponto de ressuprimento e o ponto máximo.

Por fim, o estoque de ciclo (E_{ciclo}) é a quantidade de estoque enviada para base a cada envio, dado por (4), sendo μ a demanda diária média e C o ciclo, parâmetro relacionado à frequência de abastecimento:

$$E_{ciclo} = C * \mu \quad (4)$$

3 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

3.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA ESTUDADA E DO PROBLEMA

A indústria de meios de pagamento é vista como um mercado bilateral, permitindo a interação de dois grupos: compradores e vendedores. Existem três agentes principais nessa indústria: os emissores, que fornecem os cartões aos clientes e os atendem, os adquirentes, que credenciam e atendem os comerciantes, e as bandeiras, que realizam o gerenciamento da marca e, principalmente, estabelecem regras e padrões de segurança (GARBER; NAKANE, 2015).

Até 2010, o mercado de adquirência era disputado por apenas duas empresas. Em 2010 o CADE (Conselho Administrativo de Defesa Econômica) promoveu a extinção de acordos de exclusividade dessas empresas, logo ambas começaram a adquirir para todas as bandeiras (GARBER; NAKANE, 2015).

A empresa estudada nesta pesquisa pertence ao setor de adquirência descrito e atualmente se posiciona como uma das maiores em *market share*. Com a abertura de mercado, novas empresas têm entrado no setor e ganhado relevância, de forma que a competitividade vem aumentando e a busca de eficiência se tornou fundamental para controlar custos e manter a qualidade no atendimento ao cliente.

No âmbito da cadeia de suprimentos, o principal produto oferecido pela empresa são os terminais (maquininhas) que são alugados para os clientes no formato de comodato, de forma que a gestão do ativo continua sendo de responsabilidade da empresa em toda vida útil do produto, mesmo quando este está em posse do cliente. Dessa forma, a área da logística é responsável pela movimentação dos produtos em toda a cadeia de suprimentos, considerando a logística direta e reversa, e pela gestão do ativo.

Considerando o atendimento ao cliente, o produto completo oferecido contempla além do terminal outros itens periféricos, chamados “*spare parts*”, cuja operação logística é realizada de forma separada, ou seja, são considerados “SKUs” diferentes. Um dos principais “*spare parts*” é o SIMcard, que será o produto objeto desta pesquisa. Este item é utilizado na grande parte dos terminais instalados no cliente, realizando a transação via sinal GPRS (2G ou 3G).

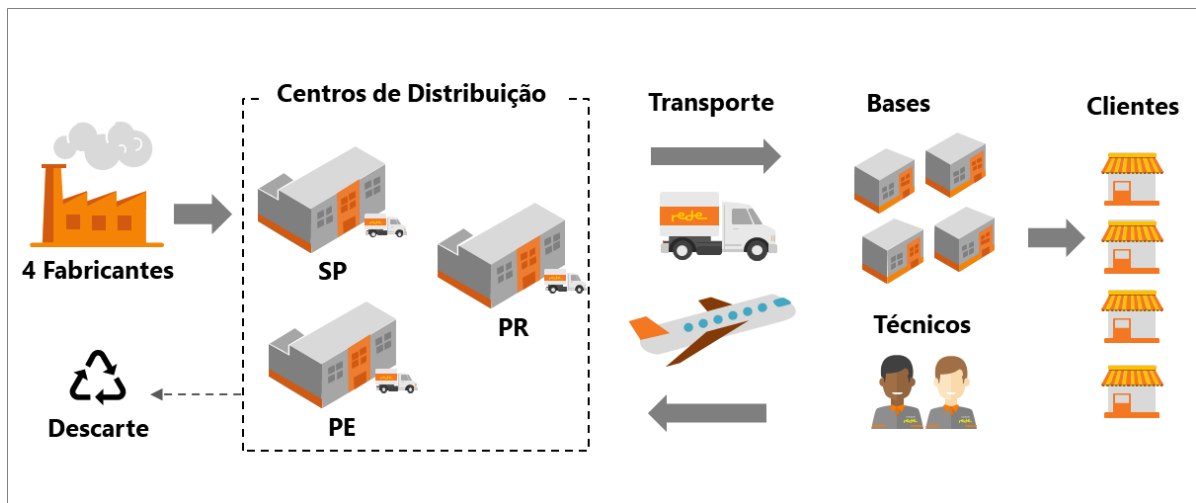
3.1.1 Estrutura Logística

No modelo de comodato adotado pela empresa, o cliente pode requisitar três tipos de serviço:

- **Instalação:** o cliente solicita um ou mais terminais para ser instalado no seu ponto de venda. Pode se tratar de um novo cliente (primeiro terminal) ou um cliente já existente (terminal adicional).
- **Desinstalação:** o cliente solicita a retirada do terminal de seu ponto de venda.
- **Troca:** o cliente pode solicitar a troca do terminal, caso esse apresente algum problema de funcionamento. Nesse caso, o técnico retira o terminal e deixa um outro terminal que esteja em condições de uso. Na prática, é como se fosse feita uma desinstalação seguida de uma instalação.

Para suportar o atendimento dos serviços descritos aos clientes, a logística conta com uma cadeia de suprimentos fechada, incluindo fornecedores, centros de distribuição, transporte e bases de atendimento, conforme rede logística disposta na Figura 9.

Figura 9 - Representação da cadeia logística da empresa estudada



Fonte: Autoria Própria.

A seguir são descritas cada uma das partes envolvidas na rede logística estudada:

- **Fornecedores** - a partir da realização do pedido de compra, os fornecedores fazem a entrega de terminais e SIMcards nos três CDs. Nessa pesquisa serão considerados os quatro fornecedores de SIMcard, assim como os *lead times* de entrega de cada um deles.

- CDs - onde são feitos o recebimento de terminais e SIMcards dos fornecedores, realização da triagem dos terminais e SIMcards que retornam da reversa das bases, e distribuição dos produtos para as bases.
- Transporte - no fluxo da logística direta, é responsável pela coleta dos terminais e SIMcards no CD para abastecimento das bases, e, na logística reversa, é responsável pela coleta dos produtos na base para retorno ao CD.
- Bases - são responsáveis pelo armazenamento dos terminais e SIMcards oriundos do CD, entrega dos produtos aos técnicos para realização do atendimento ao cliente (instalações e trocas), recebimento do estoque do técnico, oriundo das desinstalações e das trocas, e disponibilização para coleta do transporte na reversa ao CD. Para o caso de SIMcard, a reversa ocorre apenas no caso de o técnico não conseguir reutilizar o mesmo – esse fluxo será detalhado a frente. Atualmente existem 106 bases e cada uma delas tem uma determinada região de atendimento, não existindo sobreposição de atendimento de uma região por duas ou mais bases.

3.1.2 Atendimento de SIMcard na base

O escopo desse trabalho está limitado ao estudo do SKU SIMcard, utilizado no funcionamento dos terminais nos clientes. No momento da instalação, o técnico insere o SIMcard de uma das quatro operadoras no terminal e na desinstalação é feita a retirada dele. Na troca, o processo funciona como uma desinstalação seguida de uma instalação.

Na base ocorre a “reutilização” de SIMcard, processo onde o técnico pode reaproveitar o SIMcard retirado de um terminal em uma desinstalação/troca e utilizá-lo em outro serviço de instalação/troca. Dessa forma, podem existir duas formas de entrada de um SIMcard na base:

- SIMcard novo - quando o estoque é recebido a partir das expedições do CD.
- SIMcard usado - quanto o estoque entra na cadeia (base) a partir da retirada de um cliente.

Por outro lado, a saída de estoque da base pode ocorrer de três formas:

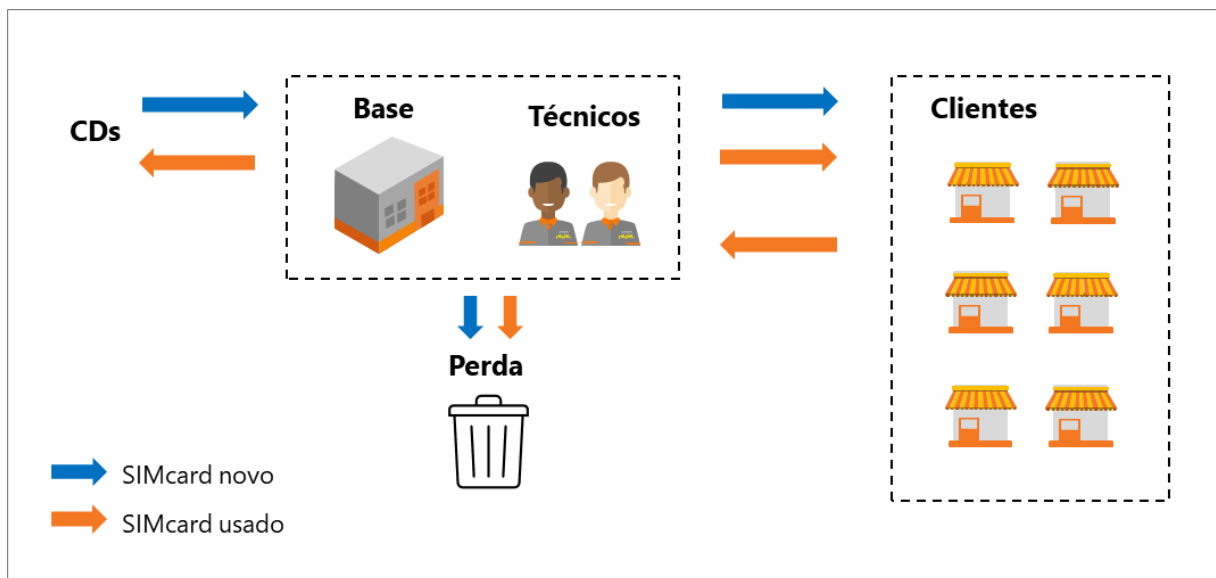
- Serviços de instalação e troca - quando o SIMcard é inserido em um terminal no cliente.
- Reversa para o CD - caso o técnico encontre problema para utilizar um SIMcard, seja ele “novo” ou “usado”, a base deverá disponibilizar a unidade com problema para

reversa para posterior testagem no CD. Caso seja identificado que o SIMcard está em condições de uso, será reinserido na cadeia, caso contrário seguirá para descarte.

- Perda - quando um SIMcard entrou na base, seja um SIMcard “novo” ou “usado” e o mesmo não pode ser encontrado, é considerado como uma perda. Em se tratando de um item pequeno e frágil, o volume de perda é relativamente grande e um fator importante para o cálculo de estoque e abastecimento da base.

O fluxo de estoque de SIMcard na base está representado na Figura 10.

Figura 10 - Fluxo do abastecimento de SIMcard



Fonte: Autoria Própria..

3.1.3 Área de Planejamento Integrado

A área de Planejamento Integrado está presente em todas as etapas na cadeia, desde a etapa de compras dos fornecedores até o abastecimento de insumos para os técnicos realizarem o atendimento ao cliente. O objetivo dessa área é manter o melhor atendimento ao cliente sempre e com o menor custo possível.

Pode-se dividir o Planejamento Integrado em três macro áreas:

- *Sales and Operational Planning (S&OP)* – essa área tem como objetivo realizar o planejamento dos serviços (instalações, trocas e desinstalações) considerando todos os níveis da cadeia, incluindo bases e CDs.

- *Material Requirement Planning* (MRP) – área responsável por planejar a produção dos CDs e calcular a necessidade de compras, visando atender o *forecast* calculado.
- *Distribution requirements planning* (DRP) – responsável por planejar o abastecimento diário dos produtos que sairão do CD para as bases, para posterior atendimento ao cliente.

Para a realização das atividades dessas três áreas dentro do planejamento os parâmetros utilizados nas projeções e cálculos seguem o objetivo inicial de atender o cliente com o menor custo e são sempre alinhados com a operação logística, dado que esta é responsável pela execução dos planos.

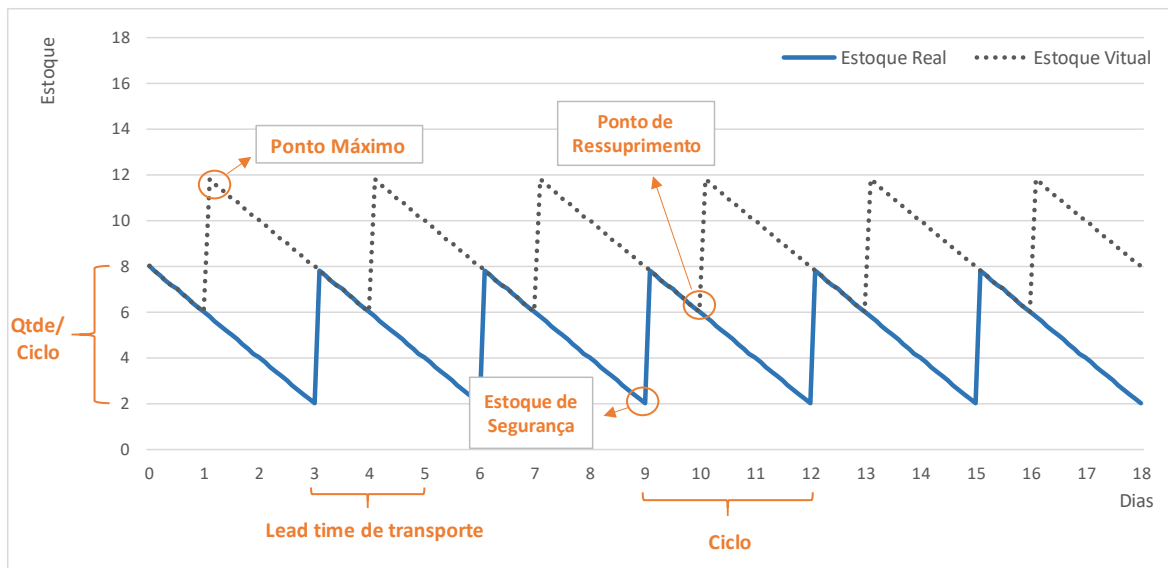
3.2 MODELO ATUAL E MODELO PROPOSTO

Na empresa estudada nesta pesquisa, observa-se a utilização de uma política de estoque de revisão contínua no abastecimento de estoque de SIMcards do CD para as bases, conforme apresentado na Seção 2.2. Na política vigente, o ciclo de ressuprimento é de cinco dias úteis, entretanto, o ciclo pode assumir diversos valores sem que se tenha redução no nível de serviço oferecido no modelo, desde que todos os outros parâmetros sejam mantidos.

Para ilustrar este efeito foram simulados dois cenários com mudanças no número de ciclos. A Figura 11, por exemplo, mostra um cenário com o mesmo *lead time* de transporte, demanda diária e fator de segurança que a Figura 8. Porém foi considerado um ciclo de 3 em vez de 5 dias. Pode-se destacar, analisando a Figura 11 em relação à Figura 8, os seguintes pontos:

- Com o mesmo fator de segurança, o estoque de segurança se manteve. Logo, o nível de serviço é igual em ambos os casos;
- Com a redução do ciclo, a frequência de abastecimento aumenta. Isto fica claro visualmente quando se observa um maior número de “dentes de serra” no mesmo período analisado;
- Com a redução do ciclo, a quantidade enviada a cada abastecimento reduziu-se de 10 para 6;
- O ponto máximo foi de 16 para 12, reduzindo-se assim a necessidade de estoque na cadeia.

Figura 11 - Política de estoque (ciclo menor)

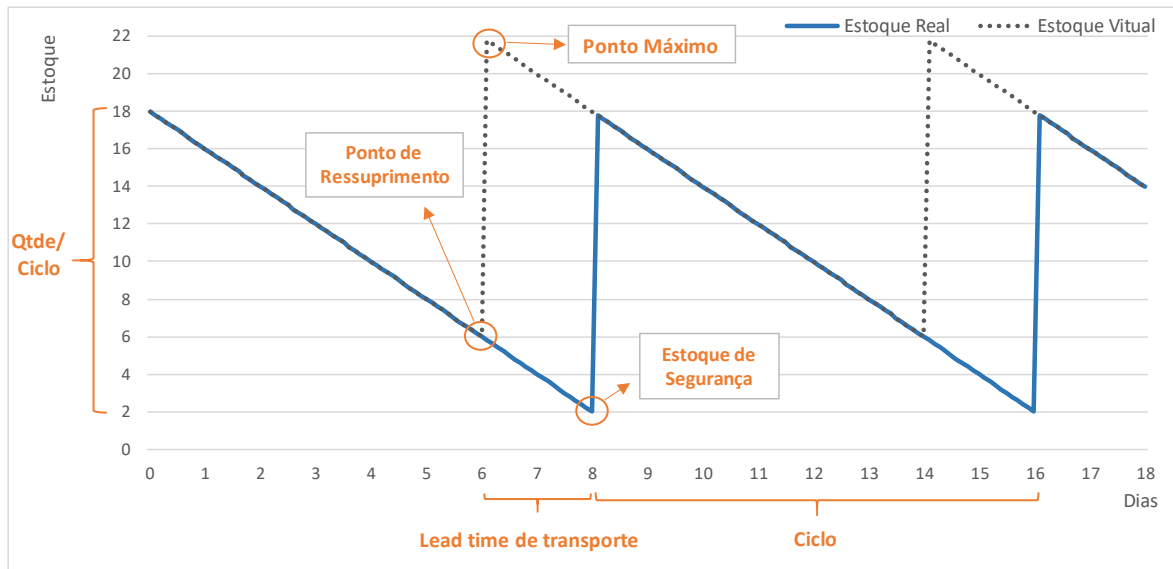


Fonte: Autoria Própria.

A Figura 12 mostra também um cenário com o mesmo *lead time* de transporte, demanda diária e fator de segurança que a Figura 8. Porém, foi considerado um ciclo de 8 em vez de 5 dias. Pode-se destacar, analisando a Figura 12 em relação à Figura 8, os seguintes pontos:

- Com o mesmo fator de segurança, o estoque de segurança se manteve. Logo, o nível de serviço é igual em ambos os casos;
- Com o aumento do ciclo, a frequência de abastecimento reduz. Isto fica claro visualmente quando se observa um menor número de “dentes de serra” no mesmo período analisado;
- Com o aumento do ciclo, a quantidade enviada a cada abastecimento aumenta de 10 para 16;
- O ponto máximo foi de 16 para 22, aumentando-se assim a necessidade de estoque na cadeia.

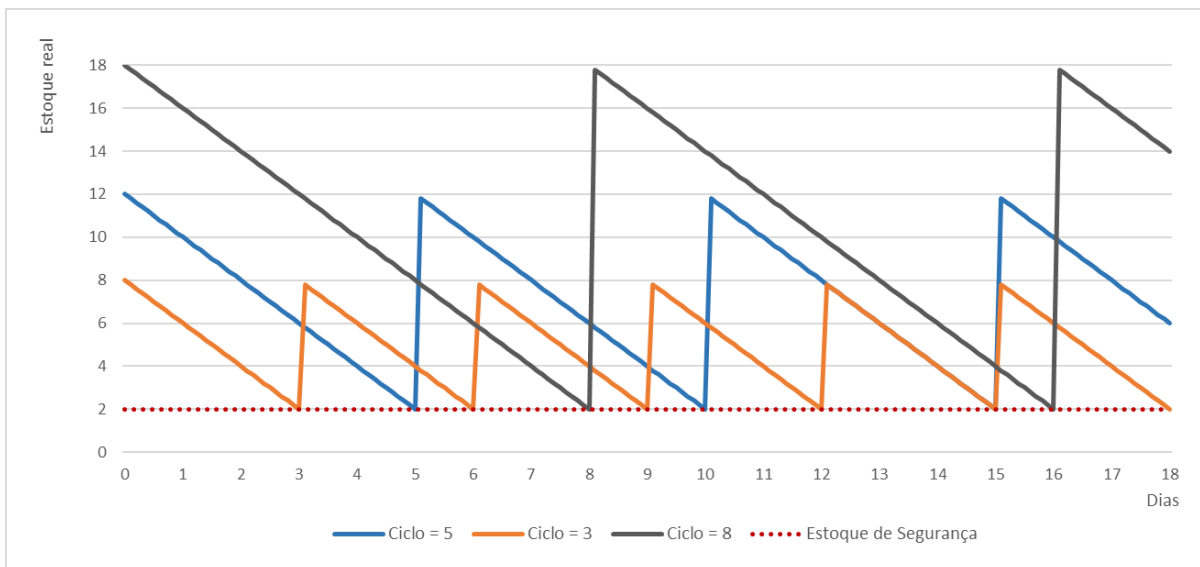
Figura 12 - Política de estoque (ciclo maior)



Fonte: Autoria Própria.

Por fim, na Figura 13 é feita a comparação do estoque real dos três modelos representados nas Figuras 8, 11 e 12. Pode-se observar na Figura 13 o estoque de segurança igual nos três casos apresentados, mantendo-se o nível de serviço de atendimento ao cliente, enquanto o estoque necessário para cada um dos ciclos é diferente.

Figura 13 - Comparação de ciclos diferentes



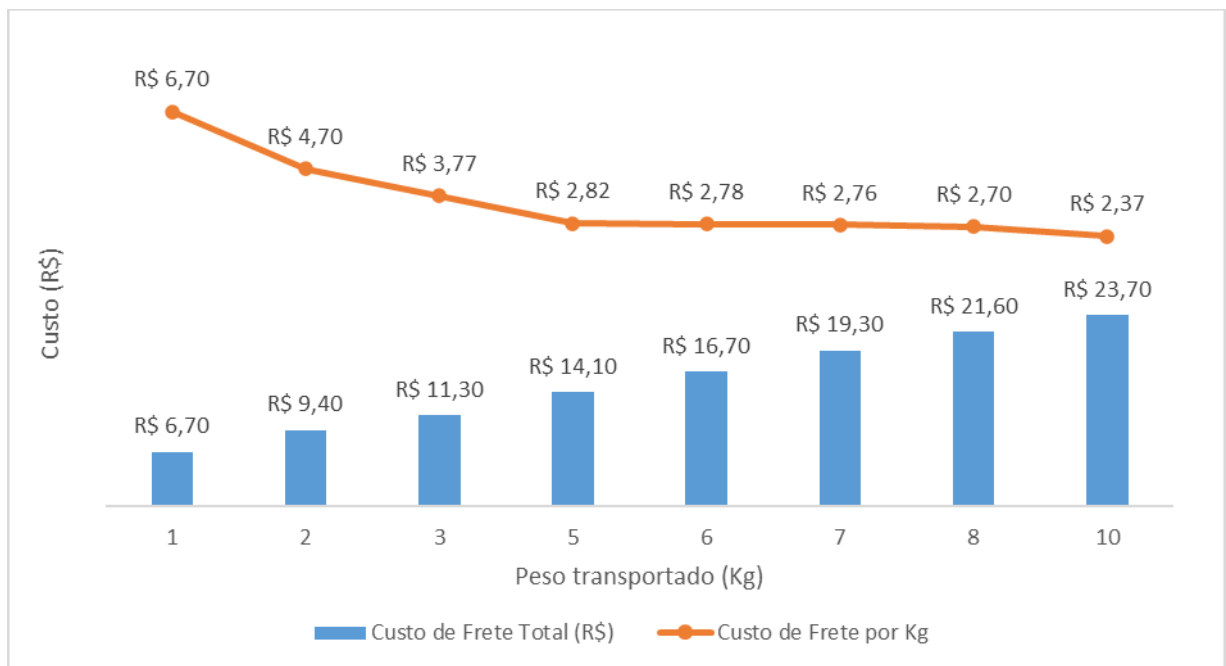
Fonte: Autoria Própria.

Por meio de números disponibilizados pela empresa estudada, observou-se que o custo de transporte por peso diminui conforme o peso total por remessa aumenta. Essa característica

é comum nas tabelas de frete do mercado, pois com a consolidação de carga as empresas de transportes melhoram a utilização dos caminhões e rotas, diminuindo a ociosidade e assim realizando os transportes com um custo menor, de modo que podem baixar o preço cobrado conforme a carga total a ser transportada aumenta.

Pode-se ver esta correlação com o exemplo que está na Figura 14, envolvendo valores de frete ([custo/kg]) de uma das transportadoras utilizadas pela empresa estudada de uma determinada rota CD – base. Conforme observa-se na Figura 14, o custo de frete total aumenta conforme aumenta o peso transportado. Porém, o custo de frete por kg cai significativamente entre a 1kg e 5kg e continua caindo, com uma intensidade menor, na faixa de 6kg para 10 kg. Neste caso o custo de transportar dez cargas de 1kg será de R\$ 67,00 (10 x R\$ 6,70), enquanto o custo para transportar uma única carga de 10kg é de R\$ 23,70. Ou seja, um custo 65% menor.

Figura 14 - Aumento de preço x aumento de peso transportado



Fonte: Empresa estudada (2020).

Com os dados e exemplos expostos anteriormente, pode-se concluir que o ciclo utilizado, apesar de não interferir no nível de serviço desejado, afeta diretamente nos custos de estoque e de transporte (Tabela 2), logo deve existir um ponto ótimo que minimiza a soma dos custos de estoque e de transporte.

Tabela 2 - Relação Ciclo x Estoque x transporte

Ciclo (dias)	Nível de Serviço	Custo de estoque	Custo de transporte
Maior	Mantém	Maior	Menor
Menor	Mantém	Menor	Maior

Fonte: Autoria Própria.

Para construir o modelo, foi necessário calcular o custo de estoque e de transporte na cadeia de suprimentos para cada produto (SIMcard por operadora), origem (CD) e destino (base). Para o cálculo de estoque anual é considerado o custo mensal pago a cada operadora por SIMcard ativo (C_{sc}) e o estoque necessário para o funcionamento da cadeia conforme os parâmetros definidos ($P_{máx}$), logo pode-se considerar o custo de estoque anual conforme a equação (5):

$$C_{estoque} = 12 * C_{sc} * P_{máx} \quad (5)$$

Para cada ciclo de abastecimento é enviado para base o volume corresponde ao estoque de ciclo (E_{ciclo}), já descrito em (4). O valor correspondente a esse abastecimento se encontra na tabela de frete das transportadoras contratadas, representada no exemplo da Tabela 3, onde a quantidade é referente ao volume transportado (E_{ciclo}). Para se calcular o custo total de transporte do ano, multiplica-se o custo de frete de cada abastecimento (C_{frete}) pelo número de viagens ao ano conforme está em (6), considerando o du_{ano} o total de dias úteis no ano:

$$C_{transporte} = C_{frete} * (du_{ano} * \mu / E_{ciclo}) \quad (6)$$

Na Tabela 3 é mostrado um exemplo de tabela de frete considerando como origem o CD SP e destino a base "X". Para cada volume de SIMcard transportado tem-se um custo de frete (C_{frete}) correspondente.

Tabela 3 - Exemplo tabela de frete do CD SP para a Base “X” (Dados fictícios)

Quantidade	Custo de frete (C_{frete})
10-20	R\$ 15,00
30-40	R\$ 18,00
40-50	R\$ 18,00
60-70	R\$ 20,25
80-90	R\$ 24,30
90-100	R\$ 26,26
100-120	R\$ 28,22
120-140	R\$ 32,20
140-160	R\$ 36,33
160-180	R\$ 40,61
180-200	R\$ 45,03
200-220	R\$ 47,29

Fonte: Autoria própria.

Por fim, o modelo proposto irá identificar qual o ciclo que minimiza o custo total, considerando cada produto (SIMcard por operadora), origem (CD) e destino (base), dado que o custo total é a soma dos custos de transporte e custo de estoque, conforme está em (7):

$$C_{total} = C_{transporte} + C_{estoque} \quad (7)$$

3.3 RESULTADOS E ANÁLISES

3.3.1 Exemplo de aplicação do modelo

Com o objetivo de aumentar a compreensão do estudo, será apresentado nesta seção o passo a passo da realização dos cálculos de estoque, dos cálculos de custos e da identificação do ciclo de custo mínimo, considerando apenas uma combinação base x operadora. Na Seção 3.3.2 deste capítulo as análises serão ampliadas considerando as quatro operadoras de SIMcards e as 105 bases avançadas, totalizando 420 combinações. Para este exemplo os dados utilizados foram fictícios para que não sejam expostos dados confidenciais da empresa estudada.

3.3.2 Cálculo de estoque

A primeira parte da análise consiste no levantamento dos dados da demanda média diária da base x operadora (μ), desvio padrão desta demanda (σ), o *lead time* de reabastecimento (k)

e o desvio padrão do *lead time* (σ_k). Essa etapa de coleta é fundamental e os dados devem ser coletados com precisão para que a análise final de custos reflita a realidade da cadeia de suprimentos. Os dados utilizados neste exemplo estão na estã na Tabela 4.

Tabela 4 - Dados da base exemplo para aplicação do modelo (Dados fictícios)

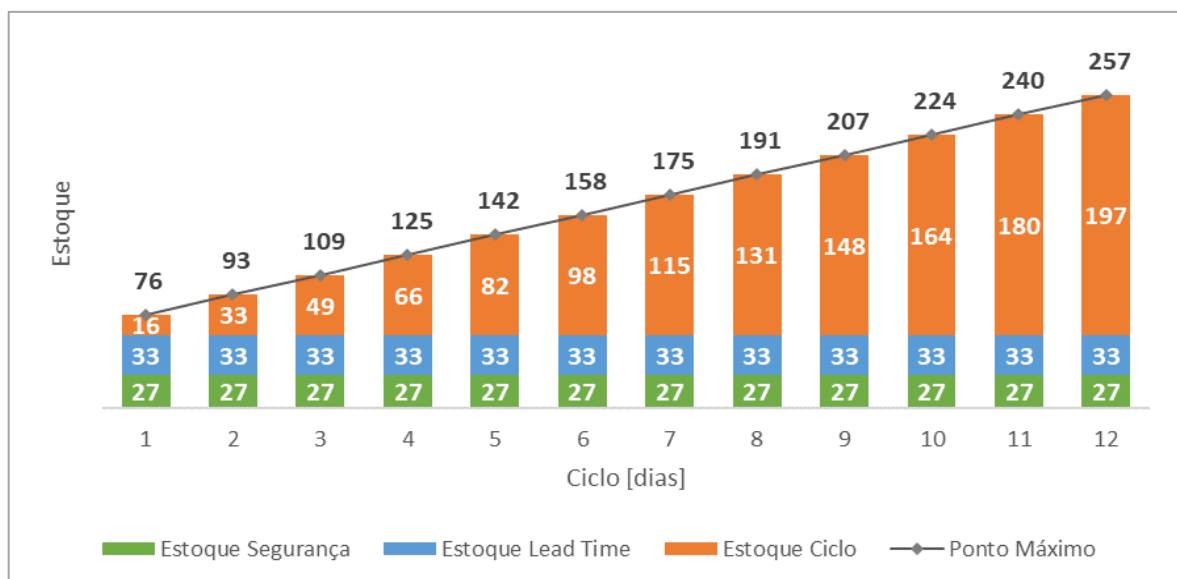
Operadora	Demanda diária (μ)	Desvio Padrão (σ)	CD	Lead Time (k)	Desvio Padrão do Lead Time (σ_k)
A	16,4	1,2	SP	2,0	0,7

Fonte: Autoria própria.

Para o cálculo do estoque de segurança e posteriormente o estoque total, além dos dados mostrados na Tabela 4 é necessário definir o nível de disponibilidade desejado pelo modelo (relacionado com o nível de serviço acordado com o cliente). Para este exemplo foi utilizado a disponibilidade (α) de 99%, sendo o inverso da distribuição cumulativa normal ($\Phi^{-1}[\alpha]$) resultante de 2,33. Este cálculo pode ser feito utilizando-se a fórmula do Excel `INV.NORMP.N` (99%).

A partir dos dados da Tabela 4 e o nível de disponibilidade desejado, foram calculados por meio das equações (1), (2), (3) e (4) os estoques considerando ciclos entre 1 e 12 dias. Os resultados dos cálculos estão representados na Figura 15. Pode-se observar que o estoque de ciclo calculado aumentou proporcionalmente ao ciclo, enquanto os demais estoques se mantêm iguais.

Figura 15 - Estoque por ciclo da base exemplo de aplicação do modelo



Fonte: Autoria própria.

3.3.3 Cálculo dos custos

Para a realização dos cálculos de custos de transporte, foram considerados os custos de frete da Tabela 3, apresentada na seção 3.2 deste capítulo.

A partir da quantidade do estoque de ciclo calculado é identificado na Tabela 3 o custo de frete correspondente. Para o cálculo do custo de frete anual, foram considerados 260 dias úteis no ano (du_{ano}). A partir destes dados e da equação (6) foi possível calcular os custos de transporte considerando os ciclos de 1 a 12 dias. Os resultados estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Custo de Transporte do exemplo de aplicação do modelo

Ciclo	Estoque Ciclo	Quantidade (definição frete)	Custo de Frete	$(du_{ano} * \mu) / E_{ciclo}$	Custo de Transporte
1	16,4	10-20	R\$ 15,00	240,0	R\$ 3.600,00
2	32,8	30-40	R\$ 18,00	120,0	R\$ 2.160,00
3	49,2	40-50	R\$ 18,00	80,0	R\$ 1.440,00
4	65,6	60-70	R\$ 20,25	60,0	R\$ 1.215,00
5	82,0	80-90	R\$ 24,30	48,0	R\$ 1.166,40
6	98,4	90-100	R\$ 26,26	40,0	R\$ 1.050,30
7	114,8	100-120	R\$ 28,22	34,3	R\$ 967,37
8	131,2	120-140	R\$ 32,20	30,0	R\$ 965,97
9	147,6	140-160	R\$ 36,33	26,7	R\$ 968,72
10	164,0	160-180	R\$ 40,61	24,0	R\$ 974,65
11	180,4	180-200	R\$ 45,03	21,8	R\$ 982,57
12	196,8	200-220	R\$ 47,29	20,0	R\$ 945,84

Fonte: Autoria própria

Por fim, para o cálculo de custo de estoque foi considerado o custo mensal de SIMcard (C_{sc}) de R\$ 6,00/mês (dado fictício) e o estoque de ponto máximo, representado na Figura 15. Desse modo, por meio da equação (5) foi possível calcular o custo de estoque para os ciclos de 1 a 12 dias. Os resultados estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Custo de estoque do exemplo de aplicação do modelo

Ciclo	Ponto Máximo	C_{sc}	Custo de estoque
1	76,1	R\$ 6,00	R\$ 5.482,70
2	92,5	R\$ 6,00	R\$ 6.663,50
3	108,9	R\$ 6,00	R\$ 7.844,30
4	125,3	R\$ 6,00	R\$ 9.025,10
5	141,7	R\$ 6,00	R\$ 10.205,90
6	158,1	R\$ 6,00	R\$ 11.386,70
7	174,5	R\$ 6,00	R\$ 12.567,50
8	190,9	R\$ 6,00	R\$ 13.748,30
9	207,3	R\$ 6,00	R\$ 14.929,10
10	223,7	R\$ 6,00	R\$ 16.109,90

11	240,1	R\$ 6,00	R\$ 17.290,70
12	256,5	R\$ 6,00	R\$ 18.471,50

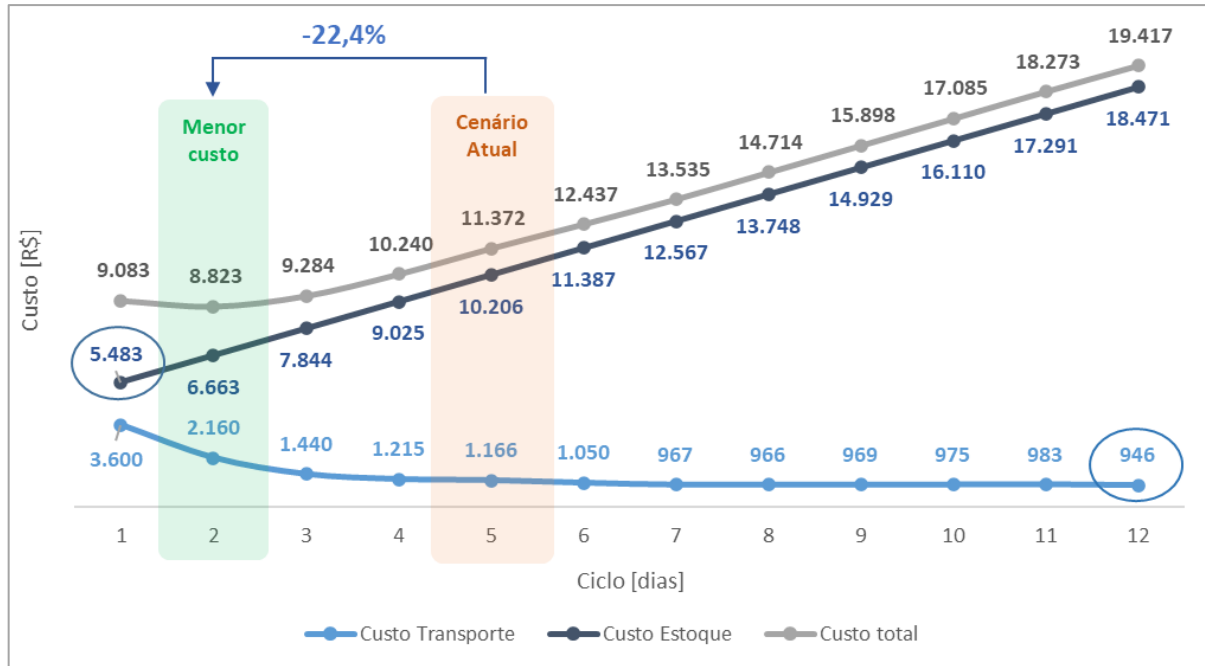
Fonte: Autoria própria

3.3.4 Resultados

Para obter-se o custo total basta somar os custos de estoque e de transporte, conforme demonstrado na equação (6), dessa forma é possível identificar o ciclo que resultará em um menor custo para a combinação base x operadora considerada. A comparação dos custos resultantes deste exemplo pode ser observada na Figura 16. Ao analisar o gráfico gerado pode-se destacar alguns pontos principais:

- O custo de estoque cresce conforme o ciclo aumenta. Um ciclo maior acarreta uma frequência de abastecimento menor, aumentando o estoque total.
- O custo de transporte reduz conforme o ciclo aumenta. Isso ocorre devido a frequência de abastecimento reduzir, aumentando o volume de estoque transportado, logo reduzindo o custo unitário de transporte.
- O ciclo que gera um menor custo total é diferente do ciclo que gera o custo mínimo de estoque (R\$ 5.483,00) ou do ciclo que gera o estoque mínimo de transporte (R\$ 946,00), como destacados com os círculos na Figura 16.
- O custo total entre o ciclo de 5 (cenário atual) para 2 (menor custo) representa uma economia de 22,4%.

Figura 16 - Análise de custos do exemplo de aplicação do modelo



Fonte: Autoria própria.

3.3.5 Análise completa

Foram realizados os cálculos de estoque e custos das 420 combinações de bases e operadoras a fim de se obter os ciclos com o menor custo total. Os cálculos realizados em cada combinação base x operadora foram feitos da mesma forma que foi apresentado na sessão 3.3.1 deste capítulo. Por questão de confidencialidade das informações da empresa estudada, os dados utilizados não foram mostrados explicitamente e os resultados das análises feitas foram todos mostrados de forma relativa (variações percentuais) e de forma gráfica.

Para explorar melhor os resultados e análises, as 105 bases foram separadas em *clusters* conforme sua demanda. Esta divisão foi baseada no formato utilizado na própria empresa estudada e está definida na Tabela 7.

Tabela 7 - *Clusters* das bases

Demanda mensal	Classificação da Base
< 250	P
250 a 2.000	M
> 2.000	G

Fonte: Empresa estudada.

Para exemplificar os resultados das 420 combinações base x operadora e compará-los entre si, foi selecionada uma combinação de cada *cluster*. Os dados das combinações selecionadas estão na Tabela 8.

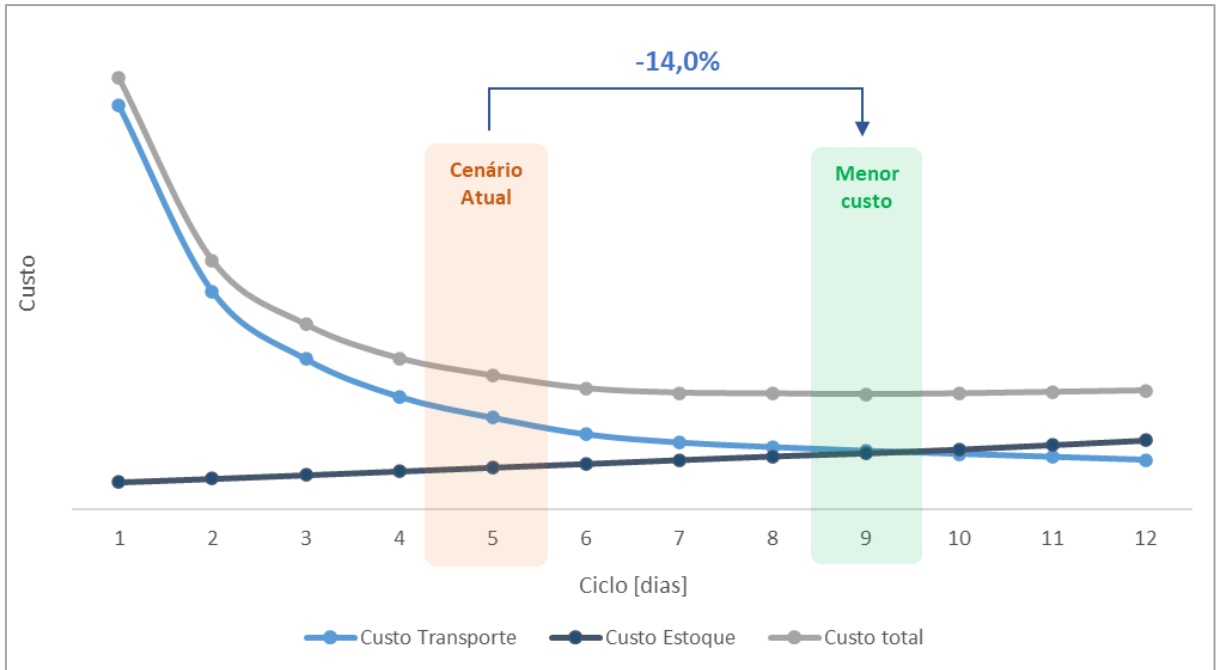
Tabela 8 - Dados das combinações selecionadas

<i>Cluster da Base</i>	Operadora	Demanda diária (μ)	Desvio Padrão (σ)	CD	<i>Lead Time</i> (k)	<i>Desvio Padrão do Lead Time</i> (σ_k)	<i>Disponibilidade</i> (α)
P	B	8,4	6,2	PR	3,0	0,4	99%
M	B	54,9	25,2	SP	3,0	0,3	99%
G	A	199,5	75,4	SP	1,0	0,1	99%

Fonte: Empresa estudada.

A primeira análise a ser mostrada será da combinação escolhida do *cluster* P, representada na Figura 17. Por se tratar de uma base com baixa demanda diária observa-se que o custo de transporte é uma parte significativa do custo total. Deste modo, o custo total é mais elevado nos ciclos menores, onde o custo de transporte é maior. O ciclo de menor custo total é o de 9 dias, em que se tem uma redução de 14,0% em relação ao ciclo atual de 5 dias. Pode-se observar, também, que os custos referentes aos ciclos de 7 a 12 dias são próximos, não havendo grande variação de custo entre eles.

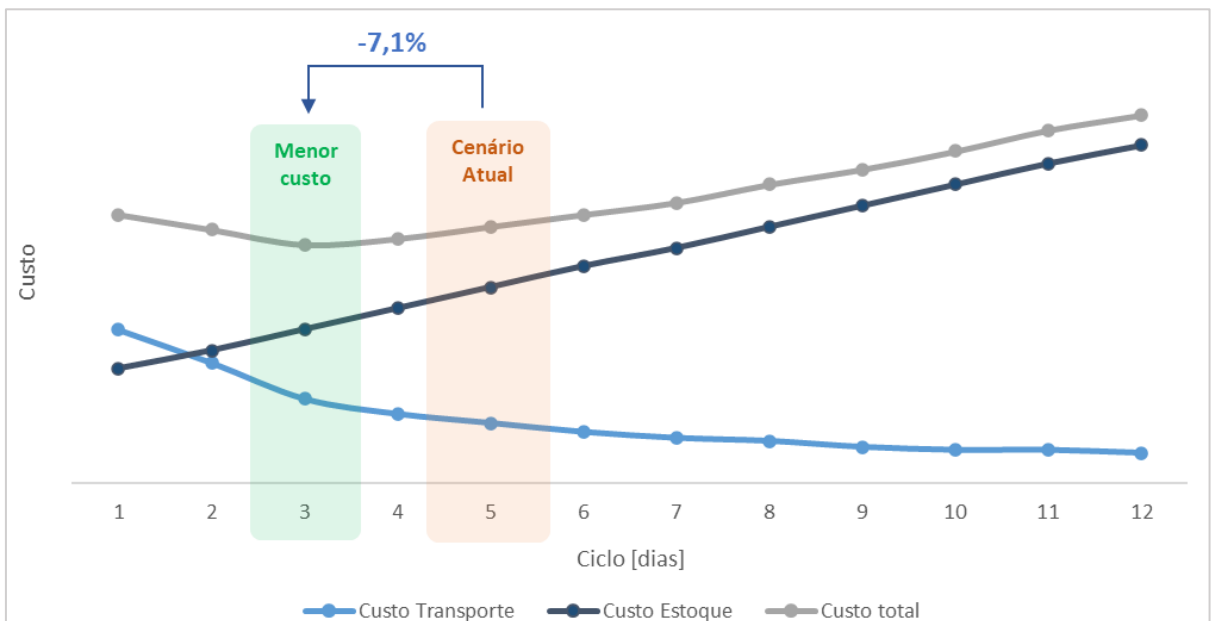
Figura 17 - Análise de custos de uma base P



Fonte: Autoria própria.

Na Figura 18 estão representados os custos da combinação escolhida do *cluster* M. Neste caso, o custo de transporte tem menor relevância no custo total se comparado com a base P. Desta forma, o custo de estoque tem maior impacto e o ciclo de menor custo total é o de 3 dias, resultando em uma redução de 7,1% em relação ao ciclo de 5 dias.

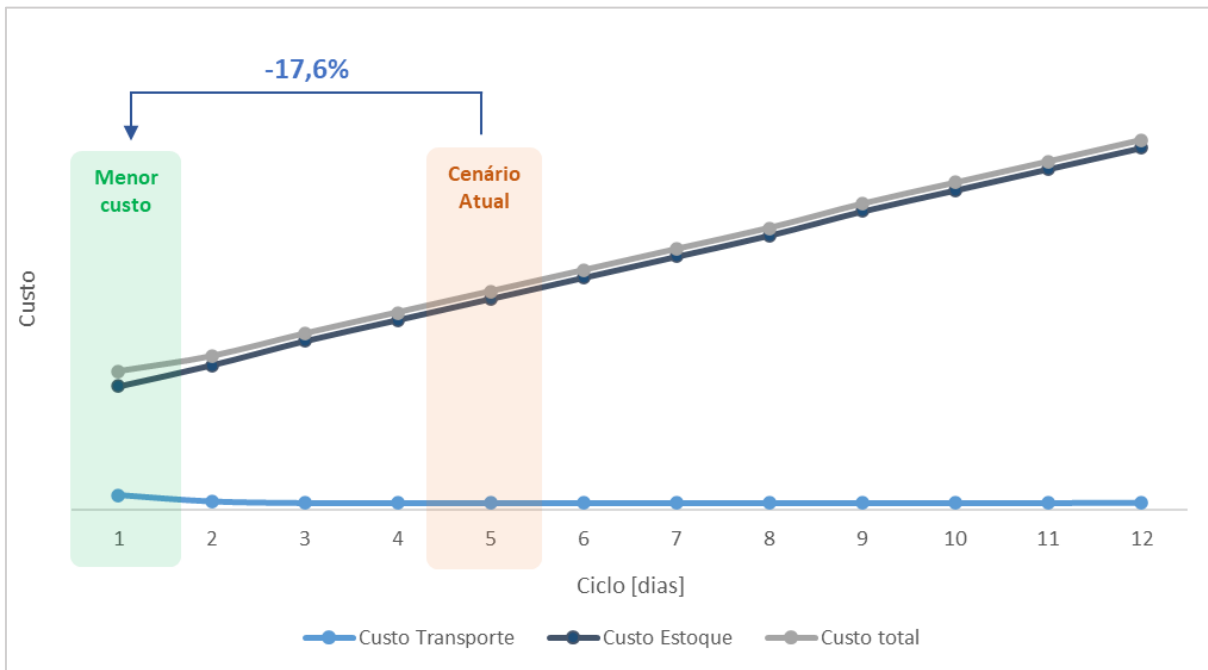
Figura 18 - Análise de custos de uma base M



Fonte: Autoria própria

Por último, na Figura 19 estão representados os custos da combinação escolhida do *cluster* G. Neste caso, com a demanda diária mais alta, o custo de estoque é ainda mais representativo do que na base M, sendo que na Figura 19 a curva do custo total é praticamente a mesma que a do custo de estoque. Desta forma, o ciclo de menor custo total coincide com o ciclo com menor custo de estoque (1 dia), resultando em uma redução de 17,6% em relação ao ciclo de 5 dias. É a maior redução dentre as combinações bases representadas nas Figuras 17, 18 e 19.

Figura 19 - Análise de custos de uma base G



Fonte: Autoria própria

Baseado nas análises feitas, pode-se verificar que a maior redução de custos está na base G, ocorrida a partir de uma redução do ciclo de abastecimento. Como nestas bases o custo de transporte é pouco representativo, o custo de estoque é o que direciona a escolha. Logo, quanto menor o ciclo menos estoque é necessário na cadeia.

Na Tabela 9, estão consolidados os resultados da análise dos ciclos com menor custo total das 420 combinações base x operadoras, dívidas nos *clusters* apresentados.

Tabela 9 - Ciclo ideal por combinação

Ciclo Ideal	Bases P	Bases M	Bases G
1	3	9	28
2	1	38	20
3	6	36	11
4	12	26	4
5	12	31	1
6	17	28	2
7	21	13	1
8	14	9	0
9	23	6	1
10	6	5	0
11	3	3	0
12	3	0	0
13	5	2	0
14	2	1	0
15	7	1	0
16	5	4	0

Fonte: Autoria própria

A partir da Tabela 9 pode-se destacar:

- Nas bases P os ciclos de menor custo se concentraram entre 4 e 9 dias. Das 140 combinações referentes às bases P, em 76% dos casos o ciclo ideal foi maior que o ciclo atual de 5 dias. Como representado na Figura 17, com a relevância do custo de transporte no custo total tem-se ganho quando se aumenta o ciclo.
- Nas bases M os ciclos de menor custo se concentraram entre 2 e 7 dias. Logo, não há um padrão de aumento ou redução do ciclo atual para o ciclo ideal, precisando-se ser analisado caso a caso. Pode-se destacar ainda que apenas 4% das 212 combinações tiveram o ciclo ideal igual a 1 dia (abastecimento diário). Isto ocorre pelo alto custo de transporte para pequenos volumes, como foi apresentado na Figura 14.
- Nas bases G, os ciclos ideais se concentraram entre 1 e 3 dias, sendo que das 68 combinações 93% tiveram o ciclo ideal menor do que o ciclo atual de 5 dias. Com a maior demanda diária, tem-se ganho com a redução do ciclo e consequentemente com a redução do estoque total. Pode-se observar, também, que como existem bases com uma demanda muito grande neste *cluster*, houve 28 combinações que tiveram o ciclo ideal de 1 dia (abastecimento diário).

Na Tabela 10 está apresentado o resultado das análises de custos. Na tabela estão as variações de custos de transporte, estoque e total dos ciclos ideais em relação ao ciclo atual das 420 combinações base x operadora divididas nos três *clusters* P, M e G. Ainda na Tabela 8 pode-se observar a representatividade da redução de cada cluster em relação à redução total de custos.

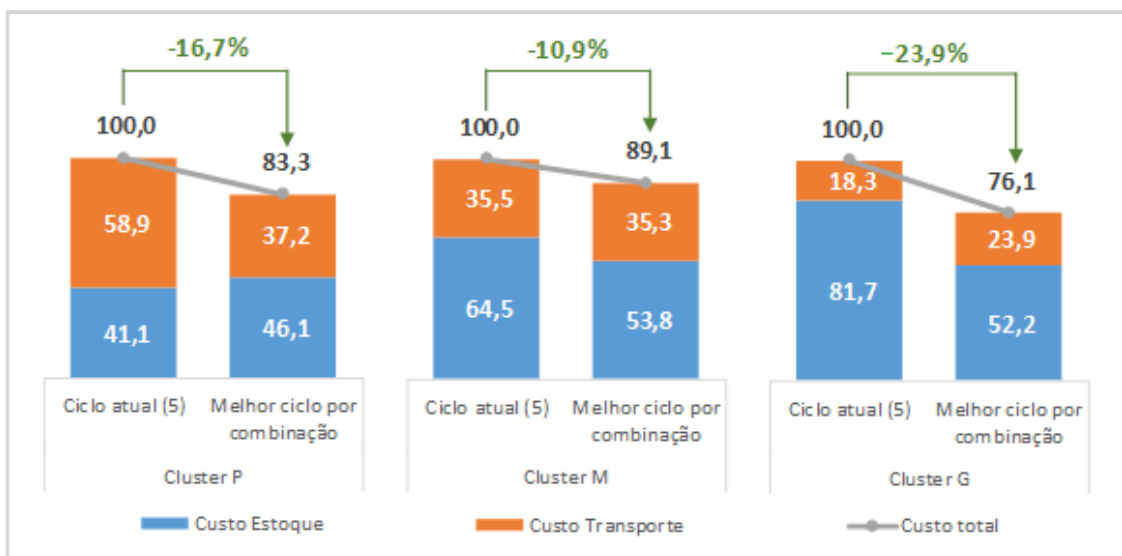
Tabela 10 - Variação dos custos do ciclo ideal x ciclo atual das 420 combinações

<i>Cluster</i>	Custo de Transporte	Custo de Estoque	Custo Total	Representatividade
P	-36,8%	12,2%	-16,7%	14,6%
M	-0,3%	-16,7%	-10,9%	25,3%
G	30,6%	-36,1%	-23,9%	60,0%
Total	-2,90%	-24,2%	-17,5%	100%

Fonte: Autoria própria

Para complementar as informações trazidas na Tabela 10, são apresentados na Figura 20 os mesmos resultados de forma gráfica, podendo-se identificar a relevância do custo de transporte e de estoque em cada caso. Para efeito de comparação e para não expor dados sigilosos, os custos totais dos cenários iniciais (ciclo de 5 dias) foram iguados a 100 e os demais números foram calculados de forma proporcional.

Figura 20 - Variação dos custos do ciclo ideal x ciclo atual das 420 combinações



Fonte: Autoria própria

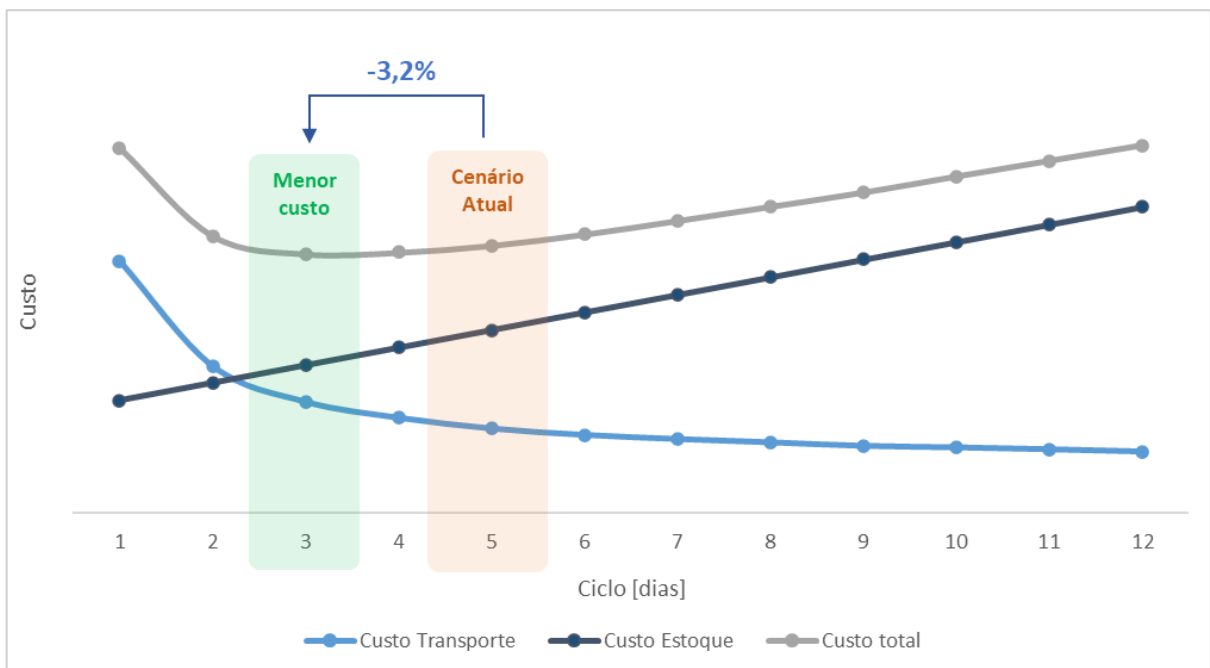
Houve redução nos três clusters apresentados. Porém, a variação dos custos de transporte e de estoque divergem entre si. No cluster P houve um aumento de dias de ciclo na maior parte das combinações como visto na Tabela 9, acarretando uma grande redução no custo de transporte (-36,8%), enquanto o custo de estoque chegou a aumentar (+12,2%). A redução do custo total foi de 16,7%. Porém, como as bases desse cluster tem uma baixa demanda, esta variação corresponde apenas a 14,6% da redução total.

No cluster M, a redução do custo de estoque foi de 16,3% enquanto o custo de transporte praticamente se manteve (-0,3%). Dentre os três clusters analisados, este foi o de menor variação, dado que os ciclos calculados com o menor custo ficaram mais próximos do ciclo atual, conforme visto na Tabela 9. A variação resultante neste cluster representa 25,3% da redução total.

Por fim, no cluster G houve uma grande redução no custo de estoque (-36,1%). Porém, com um aumento de 30,6% no custo de transporte. Ainda assim, a redução do custo total foi de 23,9%, a maior entre os três cluster analisados, representando 60,0% da redução total.

Foi feita também uma análise considerando a possibilidade de ter apenas um único ciclo para todas as bases assim como é atualmente. Para representar a análise feita, os resultados são representados da mesma forma que das Figuras 17 ,18 e 19. Porém neste caso os custos das 420 combinações bases x operadoras foram somados.

Figura 21 - Comparação entre ciclos únicos



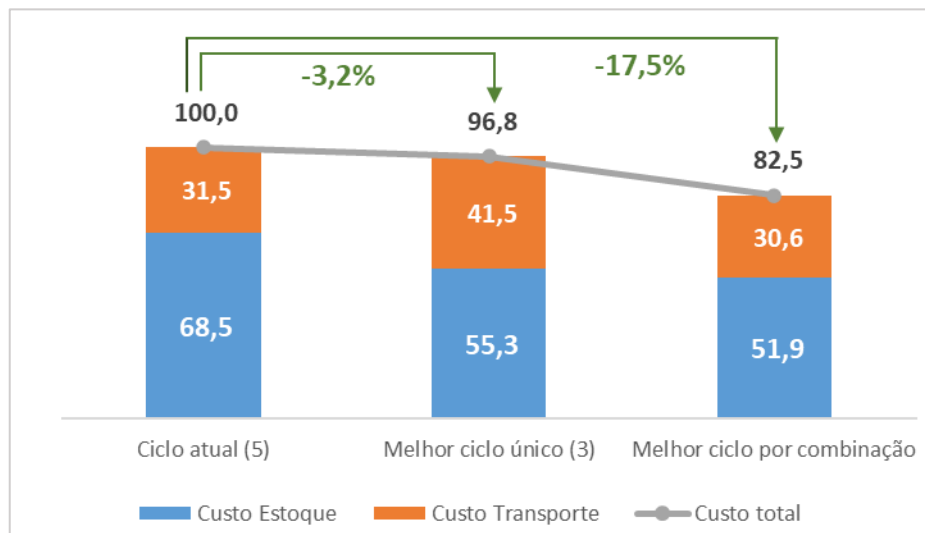
Fonte: Autoria própria

Neste resultado, pode-se observar que as curvas de custos resultantes na Figura 21 são combinações das curvas apresentadas nas Figuras 17, 18 e 19. O custo de transporte elevado provoca um grande aumento no custo total nos ciclos de 1 e 2 dias, enquanto que a partir do ciclo de 4 dias a redução do custo de frete não compensa o aumento de custo de estoque. Assim, o custo cresce conforme aumenta o ciclo. O ponto mínimo na curva de custo total é no ciclo de 3 dias, em que se tem uma redução 3,2% em relação ao custo total do ciclo de 5 dias.

Como as bases têm parâmetros e variáveis muito diferentes entre si, como demanda diária, tabela de frete e *lead time* de transporte, considerar um ciclo padrão único para todas as bases reduz a possibilidade de otimização de custos caso a caso e não promove um grande ganho de eficiência. Entretanto, caso haja necessidade de ter um único ciclo, o indicado para este caso é o ciclo de 3 dias.

Na Figura 22 tem-se a comparação dos custos de transporte, custo de estoque e custo total do ciclo atual (5 dias), do melhor ciclo único (3 dias) e do melhor ciclo por combinação.

Figura 22 - Comparação de custos entre diferentes configurações



Fonte: Autoria própria

4 CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que não se pode considerar os custos de forma individual, já que os resultados de menor custo de transporte ou menor custo de estoque não necessariamente correspondem ao cenário de menor custo total. Considerando ambos os fatores, foi identificado que alterando-se o ciclo de abastecimento é possível ter um custo total significativamente menor que o do cenário atual.

Ao separar as bases pela demanda, constatou-se que o comportamento dos custos de transporte e de estoque são muito diferentes. Nas bases com menores demandas (P), o custo de transporte é um componente importante e por vezes até maior que o custo de estoque. Logo, ganha-se eficiência com a consolidação de carga utilizando ciclos maiores que o atual (5). Entretanto, nas bases com maior volumetria (G), o transporte é praticamente irrelevante sendo assim o custo de estoque o principal direcionador para a escolha do ciclo. Logo, quanto menor o ciclo, menor o custo total. Por fim, as bases com demanda intermediária (M) possuem comportamento que fica entre as bases P e G.

Considerando os cálculos de ciclo ideal para cada uma das 420 combinações estudadas, obteve-se uma redução de custo de 17,5% em relação ao ciclo atual. O custo de transporte teve uma redução pouco expressiva (-2,9%), enquanto a de custo de estoque foi mais acentuada (-24,2%). As maiores reduções aconteceram nas bases G tanto proporcionalmente, quanto em representatividade. Logo, pode-se concluir que os ciclos calculados possibilitam, de forma geral, uma redução significativa do custo de estoque, sem impactar em um aumento do custo de transporte.

Ainda foi feita uma análise com a possibilidade de ter apenas um único ciclo para todas as bases (assim como atualmente é 5). Neste caso, o ciclo de menor custo foi o de 3 dias, com uma redução pouco representativa (-3,2%) em relação ao ciclo atual. Isto é devido a particularidades de cada uma das bases, que possuem parâmetros diferentes como apresentado nas análises das bases P, M e G. Portanto, ao considerar um único ciclo padrão para todas as bases, perde-se a oportunidade de otimizar os custos considerando estas individualidades. Entretanto, caso haja necessidade de ter um único ciclo para todas as bases, o indicado é o ciclo de 3 dias.

Por fim, o ciclo de abastecimento é apenas um dos parâmetros da política de estoque. Logo, é uma mudança relativamente simples de se realizar dentro de uma operação e pode trazer eficiência não só na cadeia de SIMcards da empresa estudada, como em outros SKUs e cadeias de suprimentos de outras empresas.

4.1 VERIFICAÇÃO DOS OBJETIVOS E RESPOSTAS ÀS QUESTÕES DE PESQUISA

Por meio da análise da literatura foi possível encontrar técnicas e modelos que auxiliaram a formulação do problema estudado. Também foi possível observar que grande parte dos artigos publicados sobre o tema consideram o custo de transporte como um parâmetro constante, porém nesse trabalho, conforme apresentado, o custo de transporte foi considerado variável em função do volume transportado.

A proposta apresentada no Capítulo 3 atende ao objetivo e questão de pesquisa detalhados no Capítulo 1, de forma que foi possível construir um modelo para alocação de estoque de SIMcard de modo a reduzir o custo total da cadeia, considerando o custo de transporte e de estoque, ao mesmo tempo que não impacta o nível de serviço de atendimento ao cliente.

4.2 SUGESTÕES PARA CONTINUIDADE DO TRABALHO

No modelo apresentado neste trabalho, alguns fatores foram considerados constantes. Porém, baseado no modelo apresentado, é possível alterá-los buscando novas configurações que podem trazer mais eficiência para a cadeia. Mudando-se o fator de segurança (relacionado a probabilidade de atendimento ao cliente), além dos custos de estoque reduzirem, o custo de transporte ganhará maior relevância para as análises, trazendo configurações diferentes que as apresentadas neste trabalho e aumentando a eficiência da cadeia.

Os parâmetros relacionados ao transporte também podem ser explorados, como o *lead time* e os preços de envio. Com análises de sensibilidade, é possível identificar onde é possível obter maiores reduções de custos e propor negociações destes parâmetros junto às transportadoras parceiras.

Neste trabalho, foram apresentadas análises considerando os custos de transporte e estoque de cada combinação de forma isolada. Um próximo passo é avaliar possíveis arranjos destas combinações nos envios dos CDs para as bases de modo a otimizar ainda mais o transporte e reduzir o custo total.

Por fim, a formulação apresentada neste trabalho não se limita apenas ao SKU de SIMcard. Assim, o modelo poderá ser utilizado para análise de custos de outros produtos na empresa estudada.

REFERÊNCIAS

- ANDERSSON, H. *et al.* Industrial aspects and literature survey: combined inventory management and routing. **Computers and Operations Research**, New York, v. 37, n. 9, p. 1515–1536, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305054809002962>. Acesso em: 05 abr. 2021.
- ARENALES M. *et al.* **Pesquisa Operacional**. Rio de Janeiro: Campus/Elsevier, 2015. 744p.
- BERTAGLIA, P. R. **Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2016. 528p.
- BALLOU, R.H. **Logística empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física**. São Paulo: Atlas, 2011. 322p.
- BARRETA, C. N.; TABACH, O. Revisão da rede logística e “business case” para API: caso Perdigão. *In*. FÓRUM INTERNACIONAL DE LOGÍSTICA, 2001, Rio de Janeiro. **Anais** [...]. Rio de Janeiro: COPPEAD, 2001.
- DISNEY, S. M. *et al.* Inventory management for stochastic lead times with order crossovers. **European Journal of Operational Research**, v. 248, n. 2, p. 473–486, 2016.
- ELLINGER, A. E.; ELLINGER, A. D. Leveraging human resource development expertise to improve supply chain managers’ skills and competencies. **European Journal of Training and Development**, v. 38, n. 1–2, p. 118–135, 2014.
- ESMAEILIKIA, M. *et al.* A tactical supply chain planning model with multiple flexibility options: an empirical evaluation. **Annals of Operations Research**, v. 244, n. 2, p. 429–454, 2016.
- FREIRES, F.G. **Gerenciamento de custos e riscos**. Curitiba: IESDE Brasil S.A., 2011.
- GARBER, G.; NAKANE, M. I. The break of brand exclusivity in Brazilian credit card acquiring: effects and markup-cost decomposition in a price dispersion setting. **Working Papers Series**, n. 390, p. 1–42, 2015.
- GOVINDAN, K.; SOLEIMANI, H.; KANNAN, D. Reverse logistics and closed-loop supply chain: a comprehensive review to explore the future. **European Journal of Operational Research**, v. 240, n. 3, p. 603–626, 2015.
- GOLAN, M. S.; JERNEGAN, L. H.; LINKOV, I. Trends and applications of resilience analytics in supply chain modeling: systematic literature review in the context of the COVID-19 pandemic. **Environment Systems and Decisions**, v. 40, n. 2, p. 222–243, 2020.
- GOVINDAN, K.; FATTAHI, M.; KEYVANSHOKOOH, E. Supply chain network design under uncertainty: a comprehensive review and future research directions. **European Journal of Operational Research**, v. 263, n. 1, p. 108–141, 2017.

HAVENGA, J. Logistics costs in South Africa: the case for macroeconomic measurement. **South African Journals of Economics**, v. 78, n. 4, p. 460–478, 2010.

IVANOV, D. Viable supply chain model: integrating agility, resilience and sustainability perspectives: lessons from and thinking beyond the COVID-19 pandemic. **Annals of Operations Research**, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03640-6>. Acesso em: 05 abr. 2021.

JHA, J. K.; SHANKER, K. An integrated inventory problem with transportation in a divergent supply chain under service level constraint. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 33, n. 4, p. 462-475, 2014.

JIANG, Y.; SHI, C. Service level constrained inventory systems. **Production and Operation Management**, v. 28, n. 9, p. 2365–2389, 2019.

LEE, W. C. *et al.* Computational procedure of optimal inventory model involving controllable backorder rate and variable lead time with defective units. **International Journal of Systems Science**, v. 43, n. 10, p. 1927–1942, 2012.

MENTZER, J. T.; *et al.* Defining supply chain management. **Journal of Business**, v. 22, n. 2, p. 1–25, 2001.

MIGUEL, P. A. C. *et al.* **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018. 248p.

PALOMINO, R. C.; CARLI, F. S. Proposta de modelo de controle de estoques em uma empresa de pequeno porte. *In.* ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2008, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2008.

RODRIGUEZ, M. A. *et al.* Optimal supply chain design and management over a multi-period horizon under demand uncertainty. Part I: MINLP and MILP models. **Computers and Chemical Engineering**, v. 62, p. 194–210, 2014.

SAMVEDI, A.; JAIN, V.; CHAN, F. T. S. Quantifying risks in a supply chain through integration of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS. **International Journal of Production Research**, v. 51, n. 8, p. 2433–2442, 2013.

SANTOS, T. F.; GONÇALVES, A. T. P.; LEITE, M. S. A. Logistics cost management: insights on tools and operations. **International Journal of Logistics Systems and Management**, v. 23, n. 2, p. 171, 2016.

SARKAR, B.; CHAUDHURI, K.; MOON, I. Manufacturing setup cost reduction and quality improvement for the distribution free continuous-review inventory model with a service level constraint. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 34, n. C, p. 74–82, 2015.

SILVA, L.M.F. **Sistemática para gerenciar os riscos considerando a dependência na cadeia de suprimentos**. 2017. 247 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2017.

SCHUSTER PUGA, M.; TANCREZ, J. S. A heuristic algorithm for solving large location–inventory problems with demand uncertainty. **European Journal of Operational Research**, v. 259, n. 2, p. 413–423, 2017.

SHIN, D. *et al.* Controllable lead time, service level constraint, and transportation discounts in a continuous review inventory model. **Rairo: Operations Research**, v. 50, n. 4–5, p. 921–934, 2016.

YOU, F.; GROSSMANN, I. E. Design of responsive supply chains under demand uncertainty. **Computers and Chemical Engineering**, v. 32, n. 12, p. 3090–3111, 2008