



**PROJETO DE GRADUAÇÃO**

**OTIMIZAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE INSUMOS A  
PARTIR DA DISTRIBUIÇÃO ENTRE CENTROS DE  
ACORDO COM OS PRAZOS DE VALIDADE**

**Por,**

**LAERT DOS SANTOS OLIVEIRA JÚNIOR**

**17/0121569**

**Brasília, 03 de dezembro de 2023**

**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 DA UTILIZAÇÃO DE INSUMOS A PARTIR DA DISTRIBUIÇÃO  
ENTRE CENTROS DE ACORDO COM OS PRAZOS DE VALIDADE**

Por,

**Laert dos Santos Oliveira Júnior**

**17/0121569**

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. João Mello da Silva, Ph.D  
– UnB/EPR

Brasília, 03 de dezembro de 2023

## AGRADECIMENTOS

A construção deste trabalho se deu graças a muito apoio e a muitos aprendizados durante meus anos como discente na Universidade de Brasília. Foram muitas as pessoas envolvidas neste longo processo, e gostaria de expressar meu profundo agradecimento a algumas delas de maneira especial.

Primeiramente, agradeço à minha família: meus pais, Laert e Cleide, meus avós e meu irmão, por sempre me apoiarem em todas as minhas decisões, e me darem o conforto necessário para que eu pudesse me dedicar às áreas das quais sempre me interessei. Mesmo nos momentos de maior dificuldade, o amor sempre esteve presente em nossa casa, e isso com certeza me deu forças para correr atrás dos meus objetivos.

Gostaria também de agradecer aos meus parceiros de trabalho, que me ensinaram e me apoiaram durante meus primeiros passos no mercado de trabalho. Agradeço todos os projetos em que tive contato dentro da empresa júnior, e aos amigos que fiz no caminho. Durante o estágio, agradeço à Tamires Avelar, que sempre me ensinou muito e foi minha principal parceira em quase todos os trabalhos que desenvolvi. Já como efetivado, agradeço ao Felipe Machado, que, além de um líder excepcional, foi um grande amigo e sempre me ajudou muito em todas as situações.

Na Universidade de Brasília, agradeço aos meus colegas de curso, em especial à turma ingressante em 2017/2. Sou grato também aos meus professores, com um agradecimento especial ao Reinaldo Garcia, que com certeza mudou minha visão de vida em vários sentidos, sempre acreditando muito em mim e me dando muito apoio durante o desenvolvimento deste trabalho.

Por fim, agradeço aos meus amigos que me acompanharam nesta jornada. À família Campos Tênis, em especial ao Edson Campos, agradeço aos valores de vida que adquiri durante a adolescência e me guiam até hoje. Ao “Parceria”, agradeço do fundo do coração pela imensa amizade e apoio durante todo meu curso. E à minha namorada, Taillyne Carneiro, por também me dar todo o suporte durante a escrita desse projeto, e sempre encher meus dias com muito amor.

Este trabalho é o resultado do apoio de todas as pessoas importantes e próximas a mim, e que, com certeza, sabem que contribuem muito na minha vida. Muito obrigado!

## RESUMO

Com a crescente necessidade de diferenciação e aumento da competitividade de empresas no mercado, a busca por reduções de custos e aumento do faturamento são fundamentais para o desenvolvimento de uma organização. Dentre os diversos setores atuantes em uma companhia, o gerenciamento da cadeia de suprimentos possui papel importante na gestão dos recursos utilizados nos processos. Entre eles, o controle de estoques se dá como uma oportunidade para melhorias, uma vez que apresenta altos custos para organizações. Neste sentido, o presente trabalho busca tratar um problema identificado no gerenciamento de estoques, relativo à perda de materiais por vencimento do prazo de validade. O modelo é desenvolvido para direcionar a transferência de itens entre centros de produção e armazenagem de uma grande empresa da área da saúde do Brasil, permitindo o uso dos materiais antes do vencimento e gerando resultados financeiros positivos na aplicação.

**Palavras-Chave:** Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos; Gestão de Estoques; Pesquisa Operacional; Logística; Perdas de Estoque.

## **ABSTRACT**

With the growing need for differentiation and increased competitiveness of companies in the market, the search for cost reductions and increased revenue is essential for the development of an organization. Among the various sectors operating within a company, supply chain management plays a significant role in the management of resources used in processes. Among them, inventory control presents an opportunity for improvements, as it entails high costs for organizations. In this sense, the present work aims to address an identified problem in inventory management related to the loss of materials due to expiration. The model is developed to guide the transfer of items between production and storage centers of a large healthcare company in Brazil, allowing the use of materials before expiration and generating positive financial results in its application.

**Keywords:** Supply Chain Management; Inventory Management; Operations Research; Logistics; Inventory Losses.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1. OBJETIVO .....	12
1.1.1. Objetivo Geral .....	13
1.1.2. Objetivo Específico .....	13
1.2. JUSTIFICATIVA .....	13
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO .....	14
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	16
2.1. GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS .....	16
2.1.1. Definições de Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos.....	16
2.1.2. Logística .....	18
2.1.3. Estoques.....	20
2.2. PESQUISA OPERACIONAL .....	21
2.2.1. Definições e Aplicações de Pesquisa Operacional .....	21
3. METODOLOGIA.....	23
3.1. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA .....	23
3.2. COLETA E ANÁLISE DE DADOS .....	24
3.3. CRIAÇÃO E APLICAÇÃO DO MODELO DE DISTRIBUIÇÃO.....	25
3.3.1. Matriz de Relação de Preferência de Envio entre Unidades .....	26
3.3.2. Tabela de Níveis de Consumo .....	27
3.3.3. Tabela de Classificação de Risco de Perda .....	28
3.3.4. Etapas de Aplicação do Modelo .....	30
3.4. ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	37
4. DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS .....	38
4.1. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA .....	38
4.2. COLETA E ANÁLISE DE DADOS .....	39
4.3. DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DO MODELO.....	40

4.4. RESULTADOS .....	47
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS, LIMITAÇÕES E FUTURAS LINHAS DE PESQUISA	49
REFERÊNCIAS .....	51
ANEXOS .....	53

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Integração e gerenciamento de processos de negócio através da cadeia de suprimentos.....	18
Figura 2: Níveis de integração da cadeia de suprimentos.....	19
Figura 3: A evolução da logística para cadeia de suprimentos.....	20
Figura 4: Trade off entre custos de armazenam e de transporte.....	22



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Matriz de Relação de Preferência de Envio entre Unidades.....	26
Tabela 2: Presença de Centro de Produção e Armazém em cada Localidade.....	27
Tabela 3: Consumo de Unidades de Insumo por Mês.....	28
Tabela 4: Tabela de Níveis de Consumo.....	28
Tabela 5: Tabela de Classificação de Risco de Perda.....	29
Tabela 6: Exemplo de Lista de Itens Após Ordenação.....	31
Tabela 7: Matriz de Relação de Preferência de Envio entre Unidades com linha destacada....	35
Tabela 8: Relação da quantidade de itens por prioridade.....	40
Tabela 9: Quantidade de itens e valor monetário de cada risco de perda.....	40
Tabela 10: Valores monetários de estoque de acordo com os riscos para cada centro.....	42
Tabela 11: Resultado de classificação dos dois primeiros itens analisados.....	44
Tabela 12: Resultado de classificação dos dois primeiros itens analisados (continuação).....	45
Tabela 13: Movimentações resultantes da aplicação do modelo aos dados.....	47

## 1. INTRODUÇÃO

Num mundo altamente conectado, com acesso a recursos de maneira rápida e barata, o setor de logística desempenha papel fundamental para que esses recursos sejam acessados de maneira eficiente (SUKALOVA, 2015). Ballou (2011) afirma que uma gestão coordenada de atividades inter-relacionadas em transporte e armazenagem substitui a prática de administradas de maneira separada. Nesse contexto, percebe-se que uma visualização unificada de áreas distintas traz maior poder gerencial para companhias.

De acordo com Lambert (2015), a integração bem sucedida e o gerenciamento eficiente dos atores da cadeia de suprimentos são determinantes para sucesso de uma companhia. De maneira geral, o objetivo de toda cadeia de suprimentos é maximizar o valor gerado por uma empresa em suas operações (CHOPRA, 2007).

Os processos que envolvem os insumos de uma companhia não geram receita diretamente nos balanços financeiros, mas podem agregar valor aos produtos com custos mais baixos ou maior eficiência na cadeia. O gerenciamento da cadeia de suprimentos deve dar suporte à satisfação do cliente final, e os requisitos dos clientes são a base para esse formato das operações (AYERS, 2000).

Uma das áreas de maior relevância dentro da cadeia de suprimentos é a de estoques. Estoques são armazenamentos de produtos e materiais por empresas para garantir que haverá disponibilidade imediata para atendimento da demanda, frente a incertezas durante o tempo. Os objetivos da estocagem são muitos, dentre eles: aumento dos níveis de serviço, redução dos custos logísticos, especulação da variação de preços e segurança com relação à variação de demanda (GHIANI *et al*, 2004).

O departamento de estoques possui grande importância dentro de uma organização, pois garante o aumento dos níveis de atendimento à demanda. Porém, grandes custos são incorridos no desenvolvimento e na manutenção dos estoques, uma vez que são necessários espaços físicos e meios de acesso aos produtos e materiais. Dessa forma, é importante que as organizações busquem níveis de estoques otimizados, uma vez que não haja falta de produtos ou insumos e nem uma quantidade excessiva, que aumenta significativamente os custos de manutenção (WATERS, 2008).

Com o crescimento de uma empresa, a busca por pontos ótimos nos diversos setores pode se tornar um desafio crescente. Quanto maiores e mais complexas se tornam as operações, há a necessidade de maior disponibilidade de itens para produção, com maior variabilidade e especificidade dos materiais. Com isso, fatores como estoque de segurança, variabilidade da demanda, capacidade de armazenamento, entre outros, são atividades desafiadoras (WATSON, 2013).

Aliada à crescente busca por políticas otimizadas de estoque e à alta gama de itens diferentes estocados, a programação de modelos computacionais para apoio à tomada de decisão dá possibilidade à aplicação em escala. De acordo com Taboada (2015), há uma grande necessidade de soluções tecnológicas direcionadas para os processos logísticos.

Buscando identificar problemas e desenvolver soluções que busquem a otimização de um processo, a pesquisa operacional se apresenta como uma área direcionadora para alcançar estes resultados. De acordo com Hillier (2013), “a pesquisa operacional é aplicada a problemas que compreendem a condução e a coordenação das operações (isto é, as atividades) em uma organização”. Dessa forma, o tema apoia o desenvolvimento de sistemas automatizados que buscam trazer soluções ótimas para problemas.

No setor de saúde, a disponibilidade de insumos é um fator crítico em diversos aspectos. Em um hospitais, medicamentos podem ser vitais nos tratamentos dos pacientes. Na medicina diagnóstica, reagentes específicos são utilizados para que os resultados de exames clínicos estejam corretos nos laudos médicos. Dessa maneira, é importante que o gerenciamento da cadeia de suprimentos esteja alinhada para que as necessidades sejam supridas e as falhas sejam mínimas.

Schneller *et al.* (2006) aponta que a garantia aos pacientes e consumidores de acesso a produtos apropriados, com o melhor preço e no tempo, local e condições corretas, é o desafio fundamental do gerenciamento da cadeia de suprimentos na área de cuidados e saúde. De Vries e Huijsman (2011) apresentam que a implementação de cadeias de suprimentos eficientes podem reduzir porções significativas dos custos associados a esses processos no segmento de saúde.

No gerenciamento da cadeia de suprimentos, com quantidades cada vez maiores de itens diferentes estocados, regras aplicadas de maneira geral como, por exemplo, cálculos de previsão de demanda, funcionam para a grande maioria dos materiais, mas determinadas falhas podem ocorrer em algumas situações. Quando isso acontece, é importante identificar as causas dos

problemas, para que sejam tratados e não se repitam no futuro, e buscar resolver os desvios incorridos dessas falhas, com o objetivo de minimizar os danos.

No desenvolvimento das políticas de estoque de uma organização, a meta é alcançar um ponto ótimo de abastecimento que supra a demanda e gere o menor custo de operação. Quando esse ponto ótimo é desviado, duas situações podem ocorrer: (i) o estoque disponível é menor que o necessário, havendo assim um desabastecimento para atendimento da demanda e (ii) o estoque disponível é maior que o necessário, ocasionando altos custos de manutenção.

Dentre os diversos materiais presentes na armazenagem de uma grande empresa, é possível notar aqueles que possuem prazos de validade mais longos e mais curtos. Os do segundo caso podem acarretar em problemas quando a quantidade estocada é excessiva, ocasionando a perda de itens por vencimento do prazo de validade. Quando isso acontece, os materiais servem apenas para descarte, e não podem ser utilizados de outra maneira, gerando grandes prejuízos à companhia (NAVA; AKKARI, 2009).

Dessa maneira, o presente trabalho busca desenvolver uma ferramenta de apoio às operações da cadeia de suprimento de uma grande empresa brasileira da área de saúde. O modelo é aplicado com dados reais de estoque em centros de produção e centros de armazenagem espalhados pelo Brasil.

O foco do estudo é minimizar as perdas incorridas por vencimento do prazo de validade de diversos materiais utilizados em laboratórios de medicina diagnóstica e em hospitais da empresa. O sistema analisa cada insumo de forma individual e, de acordo com a classificação de risco de perda apontada, propõe transferências entre os centros para que haja utilização antes do fim da validade. A ferramenta é aplicada a 273 individuais armazenados em até 19 diferentes centros, podendo ser expandida a novas quantidades e a diferentes contextos de utilização.

## **1.1.OBJETIVO**

Nesta seção estão descritos o objetivo geral e os objetivos específicos do presente trabalho, a fim de entender quais são as expectativas e resultados finais esperados, de acordo com o cenário de aplicação.

### **1.1.1. Objetivo Geral**

O objetivo geral deste trabalho consiste em desenvolver e aplicar um modelo de análise de itens em estoque a partir das datas de validade e consumos históricos, propondo transferências buscando minimizar as perdas por vencimento, de acordo com as políticas e regras de negócio da empresa estudada.

### **1.1.2. Objetivo Específico**

A partir do objetivo geral, podem ser elencados objetivos específicos para o desenvolvimento do presente trabalho:

- i. Entender como o gerenciamento da cadeia de suprimentos impacta os resultados operacionais de uma companhia;
- ii. Identificar oportunidades de ganhos financeiros a partir de ações operacionais em estoques;
- iii. Analisar dados de consumo histórico e estoques atuais em uma grande empresa brasileira;
- iv. Desenvolver um modelo que trate os dados e gere informações relevantes para a tomada de decisão operacional, utilizando o *software* MS Excel e programação VBA;
- v. Aplicar o modelo com dados reais da empresa;
- vi. Analisar os resultados das transferências geradas pelo algoritmo, maximizando o aproveitamento de itens e minimizando perdas;
- vii. Propor melhorias ao modelo desenvolvido.

## **1.2.JUSTIFICATIVA**

Com o desenvolvimento das operações globais num mundo cada vez mais digital, a complexidade de processos pode demandar uma tratativa mais assertiva para o gerenciamento da cadeia de suprimentos, com o objetivo de atender clientes de forma rápida e efetiva. Com

isso, é fundamental que erros e desperdícios sejam minimizados ao máximo, e que o fluxo de entrega de valor das empresas seja o mais claro possível.

Apesar da grande digitalização que ocorre dentro de companhias para que processos sejam automatizados e falhas sejam reduzidas, ainda podem existir oportunidades para desenvolvimento de ações de melhoria. É possível que essas práticas sejam construídas de forma específica, ou seja, têm como foco solucionar problemas pontuais e gerar resultados significativos, dentro do universo trabalhado.

Dentro da gestão de cadeia de suprimento, pode-se destacar o trabalho direcionado para transporte de insumos entre fornecedores, centros de armazenagem e centros de produção, e controle dos estoques, buscando otimizar as quantidades compradas e a quantidade de espaço físico necessário para dispor todos os itens necessários. Nesse cenário, existem muitos gargalos e falhas em processos que permitem o desenvolvimento de soluções tratativas, como por exemplo desabastecimentos ou compras demasiadas, tempo excessivo para chegada de materiais, grande número de veículos em muitas rotas logísticas não otimizadas, dentre várias outras.

Este trabalho busca assim desenvolver e executar um modelo de otimização das perdas de insumos por vencimento da data de validade, a partir de transferências entre centros operacionais, a fim de minimizar os custos de perdas e maximizar a utilização dos estoques atuais, aplicado a dados de uma grande empresa brasileira do setor de saúde.

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

O presente trabalho é dividido em seis diferentes capítulos. O primeiro introduz e contextualiza os objetivos e justificativas para o desenvolvimento do estudo, além dos temas que o embasam. A seguir, são apresentadas as fundamentações teóricas sobre gerenciamento da cadeia de suprimentos e a teoria de pesquisa operacional, incluindo simulação, abordando os principais conceitos das áreas e fundamentando a aplicação realizada. No terceiro capítulo, é apresentada a metodologia desenvolvida e utilizada para a construção do modelo, bem como todas as etapas de execução. Depois, no quarto capítulo, são demonstrados os resultados da aplicação prática do trabalho, a partir de dados reais. Finalmente, no quinto capítulo, é

apresentada a conclusão elaborada a partir dos resultados obtidos e dos conceitos estudados, bem como propostas para que o modelo seja aprimorado e melhor aplicado.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Este capítulo tem como objetivo abordar os embasamentos utilizados para a construção do presente trabalho. Dentre as várias frentes de pesquisa para desenvolvimento do problema e da solução apresentadas, é importante mencionar o Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos e a Pesquisa Operacional com a Simulação, abordando suas definições e história, além dos principais conceitos e princípios.

### **2.1.GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS**

O gerenciamento da cadeia de suprimentos é uma abordagem presente em diversas situações do nosso cotidiano. Com um olhar mais profundo sobre as operações das empresas, é possível identificar suas aplicações numa compra de supermercado, num pedido de produto online ou tomando algum remédio num hospital. O desenvolvimento de uma gestão de cadeia de suprimentos efetiva pode trazer muitos benefícios para a sociedade e, por isso, é importante entender como ela se dá, buscando minimizar custos e otimizar tempo e recursos dentro dos processos.

#### **2.1.1. Definições de Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**

Organizações possuem processos para disponibilização de produtos e serviços para seus consumidores. Dentre esses processos, estão envolvidos aqueles cujo objetivo é movimentar e armazenar as matérias-primas que serão manipuladas para confecção dos produtos que agregam valor ao cliente final. A cadeia de suprimentos, de acordo com Ballou (2006), é a repetição dessas atividades funcionais ao longo do processo de conversão dos insumos em produtos acabados.

Para Chopra e Meindl (2007), a cadeia de suprimentos é mais abrangente, consistindo de todas as partes envolvidas na satisfação dos requisitos do clientes final, direta ou indiretamente. Dessa forma, o gerenciamento envolve não só os materiais, mas até mesmo o consumidor, de uma maneira integrada aos processos.



Apesar de comumente visto apenas como um processo logístico, ou que envolve somente matérias-primas no fluxo de transformação de produtos, a cadeia de suprimentos é uma área mais profunda nas empresas. O sucesso do gerenciamento da cadeia envolve a integração multifuncional dos processos tanto dentro da própria companhia quanto com as empresas parceiras que estão envolvidas (LAMBERT, 2015).

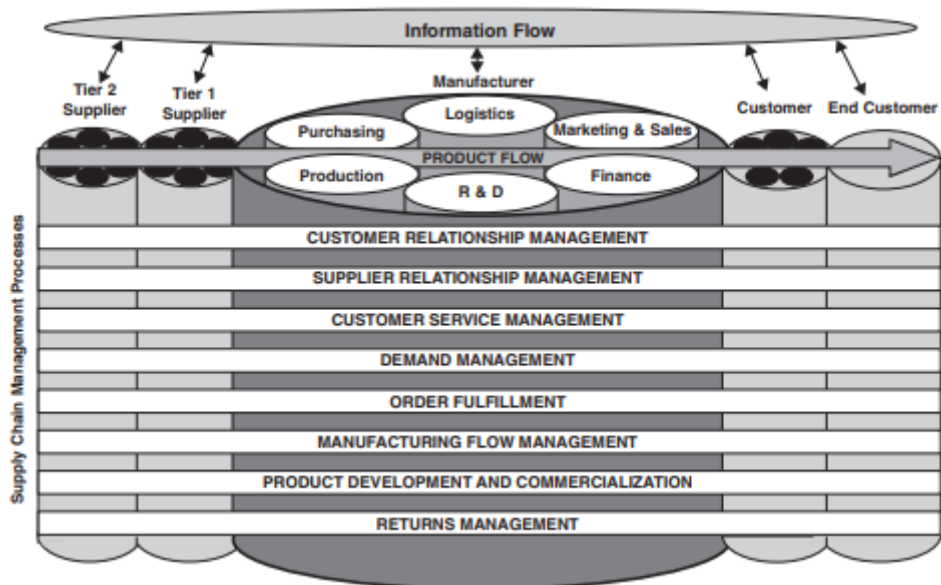


Figura 1: Integração e gerenciamento de processos de negócio através da cadeia de suprimentos

Fonte: Lambert, 2015

O gerenciamento da cadeia de suprimentos envolve uma organização como um todo, mas, de maneira geral, é percebida nas operações de logística e armazenagem, que dão base para a produção e distribuição de produtos para os consumidores finais. Dessa forma, a conexão entre as diferentes empresas participantes na geração de valor e o entendimento dos consumidores como parceiros neste processo é o nível mais desenvolvido da cadeia de suprimentos (Christopher, 1992).

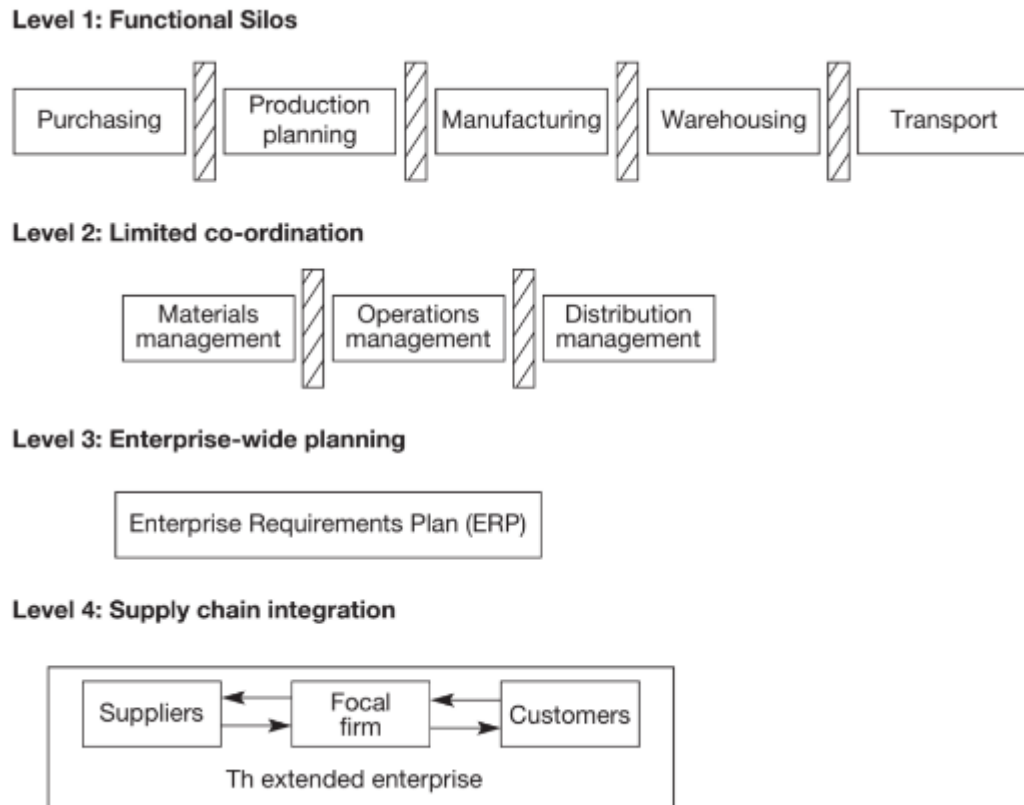


Figura 2: Níveis de integração da cadeia de suprimentos

Fonte: Christopher, 1992

### 2.1.2. Logística

No gerenciamento da cadeia de suprimentos, três vertentes são essenciais para manutenção dos processos: aquisição, transporte e armazenagem. Nelas, matérias-primas e produtos são geridos para que estejam disponíveis para o cliente em condições adequadas e no tempo requerido (CHRISTOPHER, 1997).

De acordo com *Council of Logistics Management*, “logística é o processo de planejamento, implantação e controle do fluxo eficiente e eficaz de mercadorias, serviços e das informações reativas desde o ponto de origem até o ponto de consumo com o propósito de atender as exigências dos clientes” (BALLOU, 2006). A figura 3 apresenta a relação da logística como parte do gerenciamento da cadeia de suprimentos, num contexto histórico evolutivo.

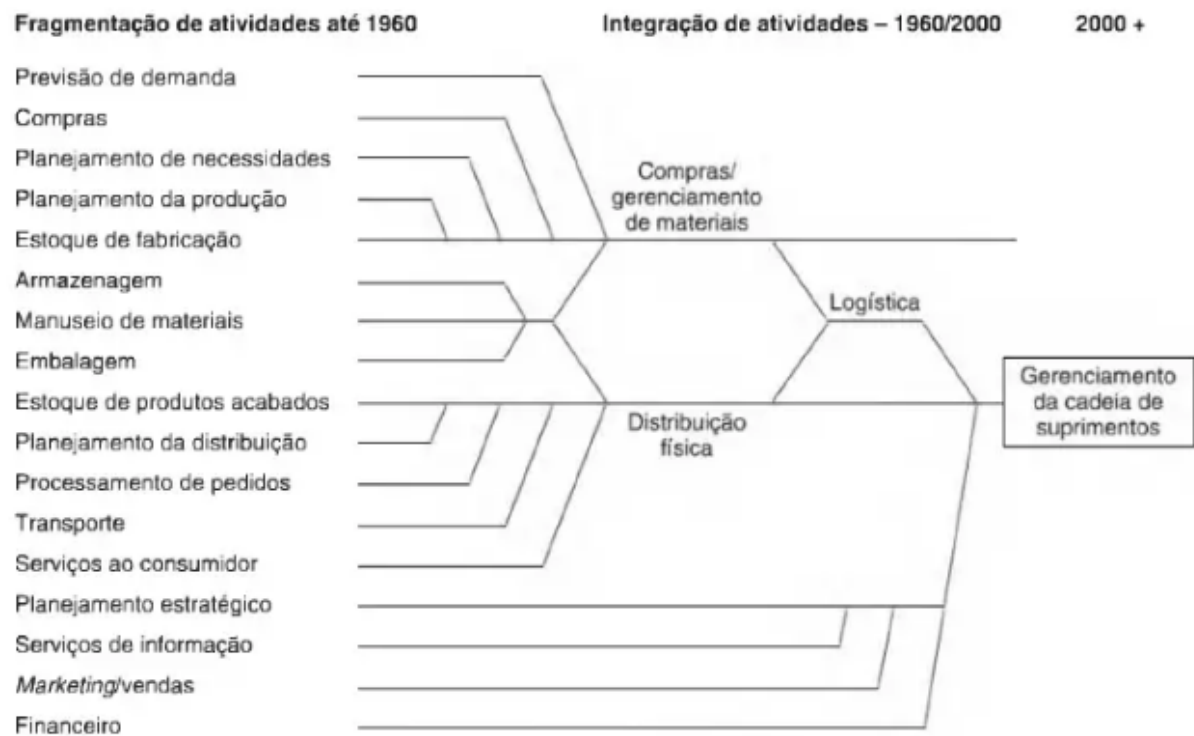


Figura 3: A evolução da logística para cadeia de suprimentos

Fonte: Ballou, 2006

Os processos logísticos estão envolvidos em todas as áreas da organização, e devem trabalhar em conjunto para atingir os melhores resultados. Na divisão do sistema logístico, Farahani *et al* (2011) aponta que são três os subsistemas principais:

- 1) *Procurement*, onde acontece a contratação, aquisição e movimentação dos insumos para os centros de produção;
- 2) Produção, onde ocorre a transformação das matérias-primas em produtos finais;
- 3) Distribuição, onde se dá o transporte dos produtos acabados para os clientes finais ou para centros de distribuição.

O impacto da logística também pode ser expresso pelos valores dos custos relacionados. De acordo com Ghiani *et al* (2004), em 1977, mais de 850 bilhões de dólares (o equivalente a cerca de 11% do PIB americano do período) foram gastos em custos logísticos em organizações dos Estados Unidos da América. Esse valor saltou para mais de 1 trilhão de dólares em 2004, de acordo com Novaes (2016).

A logística pode se dividir em duas frentes de atuação: logística *inbound* e logística *outbound*. A primeira tem como foco os processos de movimentação de materiais e informações entre o fornecedor e a produção, enquanto a segunda trata do fluxo dos produtos entre a produção e o consumidor final ou revendedor (TAKITA, 2017). Dessa maneira, é possível direcionar ações de melhoria com fins específicos para suas respectivas frentes de atuação no setor.

### **2.1.3. Estoques**

Os estoques são uma área presente dentro da logística, de forte importância no gerenciamento da cadeia de suprimentos. Eles podem ser definidos como armazenamentos físicos de produtos em transformação ou finalizados, insumos ou componentes utilizados nos processos (BALLOU, 2011).

Dentro dos processos de estocagem, diversas variáveis estão envolvidas. Dentre elas, a política de abastecimento adotada e a demanda prevista impactam diretamente a performance do estoque. Essa performance é importante pois se relaciona com os custos incorridos dos processos, que se tornam elevados caso haja problemas eminentes.

Os custos relativos aos estoques são muitos, incluindo desde o processo de compras e recebimento de material, seguido pela armazenagem dos itens e englobando custos relacionados, como, por exemplo, o de falta de itens, que ocasiona o não atendimento à demanda, e o de obsolescência, relativo a perdas com desperdícios e vencimentos do prazo de validade (GHIANI *et al*, 2004). Dessa forma, é importante que ações sejam direcionadas para esse setor específico, em busca de oportunidades de redução de custos.

Os estoques também estão diretamente relacionados com os processos de transporte de materiais. A quantidade de centros de armazenagem disponíveis eleva os custos relativos ao espaço físico, mas reduzem os custos envolvidos nos processos de movimentação dos materiais (BALLOU, 2006). É possível visualizar na figura 4 como esses valores se correlacionam, observando o *trade off* entre os dois.

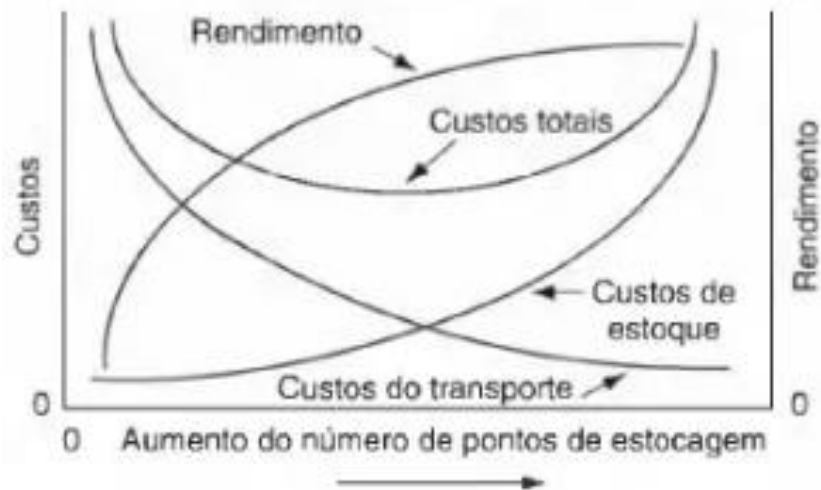


Figura 4: Trade off entre custos de armazenagem e de transporte

Fonte: Ballou, 2006

## 2.2.PESQUISA OPERACIONAL

A pesquisa operacional é uma área de estudo que tem como objetivo fornecer métodos analíticos avançados para suporte à tomada de decisão com aplicações diversas. Com o apoio de disciplinas como matemática e estatística, a pesquisa operacional busca encontrar um resultado ótimo ou próximo de ótimo para problemas de decisão complexos, de acordo com restrições (INFORMS).

### 2.2.1. Definições e Aplicações de Pesquisa Operacional

A partir da Segunda Guerra Mundial, a necessidade de eficiência em processos se tornou alvo de muitos estudos, uma vez que recursos escassos tinham de ser gerenciados pelos exércitos. Desde então, as operações públicas e de empresas privadas tem se beneficiado das técnicas desenvolvidas nesse período, que buscam apresentar caminhos ótimos para coordenação das atividades (HILLIER; LIEBERMAN, 2013).

De forma direta, pesquisa operacional pode ser definida como “uma disciplina que envolve a aplicação de métodos analíticos avançados para ajudar na tomada de melhores

decisões” (INFORMS). De acordo com Loesch e Hein (2017), as bases da pesquisa operacional se dão na estatística, na matemática e na análise de sistemas.

O objetivo da pesquisa operacional é embasar cientificamente os tomadores de decisão com soluções desenvolvidas de acordo com os interesses da organização. A solução buscada é chamada de solução ótima do problema, e envolve a análise de diversos caminhos possíveis para o problema e a consideração de restrições (GUPTA, 2010).

A pesquisa operacional dispõe de diversos modelos para tratamento de problemas, quase todos baseados em formulações matemáticas que buscam descrever o sistema. Dentre essas técnicas, é possível citar otimização matemática, simulação, teoria das filas, processos de decisão de Markov, análise de dados e redes neurais (INFORMS).

Com o desenvolvimento do poder computacional, tornou-se possível aplicar métodos de pesquisa operacional de maneira mais efetiva, além de simulações mais robustas. De acordo com De Carvalho (2003), o avanço da programação e dos softwares proporciona maiores abrangências de aplicação dos modelos.

### **3. METODOLOGIA**

O presente trabalho foi desenvolvido a partir de uma pesquisa quantitativa, aplicada, descritiva e experimental, direcionada para a análise de estoque com enfoque na perda de itens, de forma específica para expiração do prazo de validade, em armazéns e centros de produção de uma grande empresa de análises clínicas brasileira. Dessa maneira, foram necessárias diferentes etapas de desenvolvimento para o trabalho, partindo da recolha e interpretação dos dados para simular um plano de distribuição de insumos entre diferentes localidades, aumentando o aproveitamento dos itens em estoque e minimizando as perdas por vencimentos e futuras compras extras.

#### **3.1.DEFINIÇÃO DO PROBLEMA**

Conforme uma empresa se desenvolve, cada vez mais complexas podem se tornar suas operações. Para gerenciar a cadeia de suprimentos, muitas vezes são necessários recursos humanos e tecnológicos que buscam realizar as compras, distribuição, controle e diversas outras atividades de apoio às unidades de produção, buscando minimizar a quantidade de falhas nos processos. Porém, como cada item pode apresentar um comportamento de consumo específico ao longo do tempo, algumas políticas preestabelecidas podem se mostrar falhas em determinados momentos, gerando ou um desabastecimento do insumo ou uma compra maior do que a necessária. Isto pode ocasionar maiores custos de estoque ou, até mesmo, perdas por vencimento do prazo de validade.

Nesse sentido, é importante que as empresas mantenham seus controles com apoio computacional tanto nos momentos de grandes transações, como no caso de compras para abastecimento, quanto nas verificações individuais de possíveis erros, para que ações possam ser tomadas o mais rapidamente possível, sem maiores impactos à companhia. Dessa maneira, mais itens em estoque podem ser controlados e, conseqüentemente, maior volume financeiro pode ser tratado adequadamente antes de alguma perda.

As perdas de estoque por vencimento são graves e geram custos além do valor dos produtos perdidos, como, por exemplo, custos prévios de armazenagem e posteriores de descarte. O presente trabalho foi então desenvolvido com o objetivo de identificar e classificar

os insumos com probabilidade de vencimento antes do uso, além de propor uma distribuição entre armazéns e centros de produção. Com a aplicação desta técnica busca-se maximizar o uso dos insumos em estoque e minimizar as perdas por expiração do prazo de validade em uma empresa real de análises clínicas que atua a nível internacional no Brasil e em outros países da América do Sul.

### 3.2. COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Para o desenvolvimento do trabalho, foi preciso extrair informações a respeito do estoque em tempo real em localidades selecionadas, incluindo 9 armazéns e 10 centros de produção, de diferentes estados brasileiros, e os históricos de consumos dos respectivos itens. Dessa forma, foram extraídos dados diretamente da plataforma de *Enterprise Resource Planning* (ERP) da companhia. Com as informações brutas, são feitas limpezas específicas posteriores para selecionar os insumos a serem estudados com maior detalhe. Os relatórios utilizados foram:

- A. Estoque atual nas localidades selecionadas;
- B. Histórico de consumo nas localidades selecionadas.

Contribuindo com as informações dos relatórios, também foram desenvolvidas tabelas e uma matriz de apoio:

- A. Matriz de relação de preferência de envio entre unidades, que direciona, de maneira simplificada, os itens para a localidade com menor distância/custo logístico;
- B. Tabela de classificação de risco de perda;
- C. Tabela de níveis de consumo.

Todos os relatórios, bem como o desenvolvimento das manipulações, foram executados no *software* Excel da Microsoft, com o uso de funções padrão e algoritmos escritos em código VBA, para aplicações mais específicas.

Os dados de demanda foram analisados de maneira inicial e relacionados com os dados de estoque atual, para evidenciar as informações de consumo. Neste estudo, estes dados estavam disponíveis de forma mensal, com histórico de quatro meses passados mais o mês atual. Essa situação esclarece a forma específica como foi construída a matriz de classificação de risco de perda, podendo ser adaptada para contextos com mais ou menos dados disponíveis.



A partir das manipulações, foram selecionados os itens com classificação de nível de consumo máximo, para que o algoritmo desenvolvido seja aplicado de maneira mais confiável, sem impacto pela possível falta de informações ou alta variabilidade da demanda.

### **3.3.CRIAÇÃO E APLICAÇÃO DO MODELO DE DISTRIBUIÇÃO**

Como citado no tópico anterior, a coleta, visualização e processamento dos dados ocorre no software MS Excel, com apoio da linguagem de programação VBA, com IDE acessível dentro do programa.

Para correta aplicação do modelo, algumas premissas precisam estar alinhadas entre as informações de relatórios e matrizes. Dessa forma, é importante garantir que todos os centros de estoque estejam presentes e se correlacionem corretamente na matriz de relação de preferência de envio entre unidades. Além disso, este estudo assume que armazéns podem realizar transferências para qualquer unidade, mas centros de produção somente podem realizar transferências entre si. Portanto, um insumo não pode voltar de um centro produtivo para um centro de armazenagem, e deve-se mencionar que isto está de acordo com as políticas adotadas na empresa. Com respeito aos prazos de validade, o cálculo do tempo restante antes do vencimento deve ser calculado com base na data de extração dos relatórios no sistema.

O projeto é classificado como um modelo de simulação, que direciona planos de ação para transferências de insumos entre unidades para aproveitamento daqueles que têm prazo de validade com alta probabilidade de vencimento, dados os estoques atuais e as demandas históricas.

A aplicação do trabalho ocorre em algumas etapas, detalhadas nos tópicos que se seguem, incluindo:

1. Ordenação dos dados
2. Indicação de prioridades
3. Relação com consumo histórico
4. Cálculo das prováveis perdas e atribuição de riscos
5. Análise das transferência

A seguir, encontram-se também maiores especificações sobre as matrizes e tabelas utilizadas no sistema como apoio para os resultados finais. Com isso, aplicações futuras podem

aproveitar os conceitos utilizados e realizar as modificações pertinentes para melhor adaptação da realidade.

### 3.3.1. Matriz de Relação de Preferência de Envio entre Unidades

A matriz de relação de preferência de envio entre unidades informa o quão preferível é o envio para uma determinada localidade em comparação com outra, sendo preenchidas com base nas informações logísticas. É importante ressaltar que a matriz não é espelhada, pois o envio da localidade A para a B pode ser muito mais preferível que o envio de B para A. Além disso, ressalta-se a premissa de que um centro de produção somente pode realizar uma transferência para outro centro de produção, mas um armazém pode fazer transferências para qualquer tipo.

Abaixo encontram-se a matriz preenchida para o caso estudado e, em seguida, a tabela com as informações sobre presença de centros de produção e armazéns em cada localidade.

		Para									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
De	A	-	5	2	4	6	7	8	9	3	1
	B	3	-	4	1	7	6	8	9	5	2
	C	2	5	-	4	6	7	8	9	3	1
	D	3	1	4	-	7	6	8	9	5	2
	E	4	8	5	7	-	1	2	9	6	3
	F	4	8	5	7	1	-	2	9	6	3
	G	4	8	5	7	1	2	-	9	6	3
	H	3	9	4	8	5	6	7	-	1	2
	I	2	9	3	8	5	6	7	4	-	1
	J	1	5	2	4	6	7	8	9	3	-

Tabela 1: Matriz de Relação de Preferência de Envio entre Unidades

Fonte: Autoria Própria

		Armazém	Centro de Produção
Localidade	A		<input checked="" type="checkbox"/>
	B	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	C	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	D	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	E	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	F	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	G	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	H	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	I	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	J	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Tabela 2: Presença de Centro de Produção e Armazém em cada Localidade

Fonte: Autoria Própria

O preenchimento da matriz apresentada acima pode se dar como um multiplicador com relação a um valor logístico fixo, tendo como função apresentar os custos logísticos entre as localidades. Assim, o preenchimento aqui apresentado é uma simplificação, com valores unitariamente crescentes, podendo ser adaptados de acordo com cada realidade de aplicação.

### 3.3.2. Tabela de Níveis de Consumo

A tabela de níveis de consumo é utilizada como apoio ao processo de seleção dos itens a serem estudados de maneira automatizada e de maneira manual. Como apresentado anteriormente, o relatório utilizado no desenvolvimento deste trabalho apresenta um histórico de consumo de quatro meses mais o mês atual. Porém, alguns insumos podem ter comportamentos com maior incerteza, como, por exemplo, o caso apresentado na tabela abaixo, extraído do relatório utilizado, com consumo em unidades de insumo.

Mês	Consumo
Mês 1	2
Mês 2	0
Mês 3	3
Mês 4	3
Mês atual	0

Tabela 3: Consumo de Unidades de Insumo por Mês

Fonte: Autoria Própria

Nível	Consumo
0	Sem consumo algum
1	3 meses sem consumo
2	2 meses sem consumo
3	1 mês sem consumo
4	Consumo em todos os meses

Tabela 4: Tabela de Níveis de Consumo

Fonte: Autoria Própria

A tabela apresenta cinco níveis distintos, de acordo com os consumos nos últimos meses, disponíveis no relatório extraído. Caso não haja nenhum consumo, por qualquer que seja o motivo para isso, o nível atribuído é zero. O melhor dos casos é quando todos os meses passados apresentam algum consumo, e essas informações trazem mais rigor para as análises posteriores. Para os níveis um, dois e três, os motivos para haver um mês sem consumo podem ser variados, como um desabastecimento por parte do fornecedor, uma baixa na demanda ou uma falha operacional, por exemplo. É possível então classificar cada um dos itens disponíveis em estoque para que as análises sejam mais acuradas e o resultado final mais preciso.

### 3.3.3. Tabela de Classificação de Risco de Perda

A tabela de classificação de risco de perda é utilizada para parametrizar o risco de acordo com as perdas calculadas. As cinco diferentes perdas são calculadas:

1. Perda com máximo: o comportamento do consumo é parametrizado como igual ao maior valor de consumo dos últimos quatro meses. Se esse volume de demanda não for

suficiente para esgotar o insumo até a sua data de vencimento, há, então, a perda com máximo.

2. Perda com MTD (*month to date*): da mesma maneira, o comportamento de consumo é parametrizado como igual ao valor de consumo do primeiro dia do mês corrente até a data de extração do relatório, a “data atual”. O objetivo de análise desse tipo de demanda é verificar o comportamento mais recente de consumo, que pode variar bastante a cada mês para alguns itens.
3. Perda com média: assim como a perda com máximo, a perda com média analisa o histórico dos últimos quatro meses, mas parametrizando o consumo com o valor da média calculada.
4. Perda com recente: da mesma forma que a perda com MTD, o objetivo da perda com recente é se apropriar de dados mais recentes. Nesse caso, é utilizada a demanda do último mês para parametrizar o comportamento de consumo.
5. Perda com mínimo: funciona de maneira bastante similar à perda com máximo, mas agora levando em consideração o mês com menor valor de consumo.

Caso a quantidade de itens em estoque de determinado produto seja totalmente consumida até a sua data de vencimento, de acordo com cada comportamento de demanda calculado parametrizado, então não há probabilidade de perdas, e o item tende a ser consumido normalmente. A tabela 5 apresenta, então, o risco atribuído a cada item de acordo com as prováveis perdas que podem ocorrer com cada comportamento de consumo. Há também a divisão dos níveis de consumo, de acordo com a tabela de níveis de consumo.

Risco	Nível de Consumo		
	Níveis 4 ou 3	Níveis 2 ou 1	Nível 0
Altíssimo	Perda com máximo e com MTD	Perda com máximo e com MTD	-
Alto	Perda com máximo	Perda com máximo	-
Médio	Perda com recente e MTD ou só com média	Perda com recente e MTD ou só com média	-
Baixo	Perda só com recente ou só com MTD	-	-
Baixíssimo	Sem nenhuma perda ou perda com mínimo	-	-
Incerto	-	Restante	-
Sem consumo	-	-	Qualquer perda

Tabela 5: Tabela de Classificação de Risco de Perda

Fonte: Autoria Própria

Na interpretação dos riscos, é importante visualizar a que perdas eles estão associados. Por exemplo, um item classificado com risco “altíssimo” é um que, mesmo com um fluxo de demanda ao longo do tempo igual ao máximo histórico e igual ao MTD, não será possível consumir todas as unidades até a expiração do prazo de validade, gerando possíveis perdas por vencimento.

Assim, caso a demanda não possa ser incrementada de forma expressiva, o melhor a se fazer é transferir o insumo para outra localidade (desde que os custos logísticos não superem os custos de perda), onde podem ser melhor aproveitados antes do fim do prazo de validade.

### **3.3.4. Etapas de Aplicação do Modelo**

A aplicação do modelo proposto ocorre em algumas etapas, algumas delas com suporte de algoritmos e outras não. Cada uma das etapas tem fundamentações que podem ser específicas do *software* utilizado. Nesse sentido, caso algum outro tipo de ambiente seja utilizado (por exemplo, com programação em *Python*), os passos podem ser desenvolvidos de outra maneira, de acordo com cada realidade de aplicação.

Como já apresentado previamente, os passos de aplicação são divididos em movimentos chave com ordem definida. Primeiramente, os dados são ordenados com o objetivo de obter-se um padrão com itens iguais em sequência, bem como agrupados em suas localidades que pertencem, com o lote com vencimento mais próximo primeiro, seguido dos demais. Em seguida, as prioridades são indicadas, de acordo com o algoritmo. Depois, são relacionados os históricos de consumo e, após, calculadas as prováveis perdas, que identificam o risco de cada material, de acordo com a tabela de classificação de risco de perda. Por fim, as possíveis transferências são analisadas, buscando identificar a viabilidade financeira da operação.

A primeira das etapas de processamento dos dados é feita com as informações de estoque obtidas. A ordem das classificações é importante para o resultado final, uma vez que uma ordenação realizada previamente é mantida nas realizadas posteriormente. As ordenações realizadas são feitas na seguinte sequência:

- i. 1ª ordenação: data de validade dos itens, para que os primeiros sejam aqueles cujo prazo até o vencimento é menor;

- ii. 2ª ordenação: centro de estocagem, onde o material se encontra fisicamente, agrupando todos de acordo com a localidade;
- iii. 3ª ordenação: código do item, para que o último agrupamento aconteça, deixando todos os itens iguais em sequência na base de dados.

A tabela 5 ilustra um exemplo do resultado da ordenação, importante para as etapas seguintes do processo. Deve-se observar os impactos que cada ordenação, na ordem que ocorre, causa na lista final. A prioridade de ordenação acontece da esquerda para a direita, ou seja, no caso do “Item 1”, por exemplo, o quarto item listado possui data de vencimento menor que seu semelhante logo acima, porém é do “Centro B”, cuja ordenação se inicia após todos os itens presentes no “Centro A” serem listados.

Item	Centro de Estocagem	Tipo do Centro	Lote	Data de vencimento
Item 1	Centro A	Ar	Lote 000	01/12/2021
Item 1	Centro A	Ar	Lote 111	20/12/2021
Item 1	Centro A	CP	Lote 555	10/12/2021
Item 1	Centro B	Ar	Lote 000	01/12/2021
Item 1	Centro B	CP	Lote 111	20/12/2021
Item 1	Centro C	Ar	Lote 222	15/01/2022
Item 1	Centro D	Ar	Lote 999	01/04/2022
Item 2	Centro B	Ar	Lote XXX	12/11/2021
Item 2	Centro B	CP	Lote YYY	10/11/2021
Item 2	Centro B	CP	Lote ZZZ	06/12/2021
Item 2	Centro D	CP	Lote LLL	04/12/2021
Item 3	Centro C	Ar	Lote D9D9	20/11/2021
Item 3	Centro E	Ar	Lote K3K3	18/11/2021
Item 3	Centro E	Ar	Lote L1L1	25/11/2021
Item 3	Centro E	CP	Lote K3K3	18/11/2021
Item 3	Centro H	CP	Lote O4O4	31/12/2021

Tabela 6: Exemplo de Lista de Itens Após Ordenação

Fonte: Autoria Própria

Após a ordenação, o próximo passo é atribuir prioridades a cada um dos itens, de acordo com sua localidade e sua data de validade, já devidamente organizados. Nesta etapa, cada linha de dado é analisada e, então, uma prioridade é retornada para aquela linha, de acordo com a presença de outros itens iguais num mesmo centro de estocagem. Além dessa indicação,

também é calculado um “consumo anterior”, que diz respeito à quantidade de insumos que será consumida antes daquele item começar a ser utilizado.

Para ilustrar esse cenário, utilizando a tabela 6 como exemplo, as duas primeiras linhas mostram um mesmo item, armazenado num mesmo local, mas com lotes e, conseqüentemente, prazos de validade distintos. Assim, o item da primeira linha será parametrizado com a prioridade 1, ou seja, maior prioridade de consumo, já que vence primeiro. Já a segunda linha apresentará prioridade 2 e, junto a isso, a informação de que a quantidade da linha acima deve ser consumida antes da utilização desta iniciar.

Essa manipulação é importante para que não se considere que, ao longo do tempo, dois lotes diferentes em uma mesma localidade sejam consumidos ao mesmo tempo. Além disso, é importante identificar qual a quantidade a ser consumida anteriormente, porque há impacto direto na análise de uso com relação à data de validade.

O algoritmo de utiliza uma variável de identificação da linha a qual se está analisando, e é incrementado até que todas as linhas sejam iteradas. Para isso, uma constante do número de linhas é preestabelecida, identificando o fim do banco de dados. O algoritmo a seguir descreve o procedimento adotado:

#### *Algoritmo*

- i. 1º → Verifica se o item é o primeiro da ordenação com base em seu número e centro de estocagem;
- ii. 2º → Se é o primeiro, é atribuída prioridade 1 e quantidade anterior a ser consumida 0. Se não, é atribuída prioridade igual a 1 mais a prioridade do item logo acima na lista e quantidade anterior a ser consumida igual ao valor do item logo acima mais a quantidade disponível do mesmo.

Em seguida, é relacionado o consumo histórico do relatório de demanda com as informações de estoque já ordenadas e priorizadas. A linha analisada na base de dados tratada procura pelas informações de número do item e centro de estocagem no relatório de demanda, para que os valores de consumo nos últimos meses seja atribuído corretamente.



A partir das informações encontradas, são calculados os consumos máximo, mínimo, médio, recente e MTD, que alimentam as análises de perda posteriormente. Nesta etapa também são atribuídos os níveis de consumos para cada insumo. Assim, as variáveis e o respectivo algoritmo se dão da seguinte forma:

#### *Algoritmo*

- i. 1º → Selecciona o número do item analisado;
- ii. 2º → Busca em loop o número correspondente no relatório de demanda;
- iii. 3º → Quando encontrado, extrai os valores de consumo dos último quatro meses e do mês atual;
- iv. 4º → O consumo máximo é maior valor extraído, o consumo mínimo é o menor, o consumo médio é a média dos valores dos últimos 4 meses, o consumo recente é o valor do mês anterior e o consumo MTD é o valor do mês atual.

O passo seguinte calcula as prováveis perdas de acordo com cada um dos consumos relacionados na etapa anterior. O cálculo se dá através de fórmulas específicas do MS Excel, gerando valores de perdas em unidades e, em seguida, multiplicando pelos custos unitários de cada insumo, para que um custo de perda seja apresentado. O algoritmo pode ser visualizado abaixo:

#### *Algoritmo*

- i. 1º → Calcula a diferença entre a data de extração do relatório e a data de validade do item; se menor que zero, item já expirado;
- ii. 2º → Calcula a diferença entre a quantidade do item mais a quantidade anterior a ser consumida e o consumo no período até a data de validade do item;
- iii. 3º → Se o valor é menor do que zero, não há perdas e o item é consumido por completo; caso contrário, o resultado indica quantos itens serão perdidos de acordo com o nível de consumo.

O algoritmo é utilizado para todos os consumos relacionados no passo anterior. No fim, podem haver muitas ou nenhuma perda para determinado item, o que leva, então, à classificação correta do risco de perda, de acordo com a tabela de classificação de risco de perda (tabela 5). O algoritmo seguinte é utilizado para o preenchimento dos riscos:

### *Algoritmo*

- i. 1º → Verifica a existência de cada uma das perdas
- ii. 2º → Se, de acordo com a tabela, o risco classificado como “altíssimo” tem seus critérios atendidos, então é atribuído ao insumo. Caso contrário, verifica para os risco seguintes, na ordem em que se encontram na tabela.

Com os resultados desse algoritmo, é possível priorizar os itens mais críticos para que sejam tratados com maior rigor e agilidade, pois são aqueles que terão maior probabilidade de se perderem com o tempo. Neste trabalho, os itens estudados na etapa seguinte são os classificados com risco “altíssimo” e “alto”, onde uma transferência pode ser a melhor ação a ser tomada.

A última etapa proposta no modelo é a análise das transferências, onde os itens críticos são direcionados para centros que poderão recebê-los e utilizá-los em tempo hábil antes da data de vencimento. Sendo assim, é importante percorrer algumas etapas de cálculos para verificar a viabilidade e a otimalidade das transferências, levando em consideração custos associados ao processo, incluindo custo logístico da transferência e o custo da perda dos itens. A relação entre os dois direciona à ação a ser tomada.

Neste ponto, cada item deve ser visto de maneira individual, buscando informações sobre seu consumo e quantidades em estoque nas localidades que o utilizam. A partir dessa averiguação, é possível identificar as oportunidades de recebimento, para depois associar quantos itens de cada insumo devem ir para cada centro. Para apoiar o desenvolvimento dessa análise, a matriz de relação de preferência de envio entre unidades indica para onde um determinado insumo deve seguir com menor custo ou tempo. No caso desse trabalho, os valores indicados na matriz dizem respeito ao tempo de deslocamento dos itens, mas também podem ser utilizados para calcular os custos logísticos da operação.

Nesse sentido, a primeira configuração dessa etapa é indicar as preferências para cada opção de envio dos itens críticos. Neste caso, por exemplo, se há uma análise sendo realizada sobre um insumo presente na localidade C, os demais centros com utilização deste material devem ser identificados de acordo com a linha destacada na matriz da imagem abaixo.

		Para									
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
De	A	-	5	2	4	6	7	8	9	3	1
	B	3	-	4	1	7	6	8	9	5	2
	C	2	5	-	4	6	7	8	9	3	1
	D	3	1	4	-	7	6	8	9	5	2
	E	4	8	5	7	-	1	2	9	6	3
	F	4	8	5	7	1	-	2	9	6	3
	G	4	8	5	7	1	2	-	9	6	3
	H	3	9	4	8	5	6	7	-	1	2
	I	2	9	3	8	5	6	7	4	-	1
	J	1	5	2	4	6	7	8	9	3	-

Tabela 7: Matriz de Relação de Preferência de Envio entre Unidades com linha destacada

Fonte: Autoria Própria

A partir das marcações de preferência, é importante identificar quantos itens podem ser recebidos em cada centro de produção e de armazenagem. Neste ponto, alguns detalhes impactam a análise de cada insumo, por conta dos diferentes lotes e, conseqüentemente, datas de vencimento estocados em cada localidade. Dessa forma, um material a ser transferido pode competir com um ou vários outros lotes já armazenados, sendo que aqueles que têm menor data de validade possuem maior grau de importância, dada a proximidade com o vencimento.

Existem ainda casos onde três lotes diferentes já estão em estoque em um centro, e o item a ser transferido possui data de validade posterior a dois deles, por exemplo. Dessa maneira, algumas variáveis devem ser minuciosamente levadas em consideração, para que uma transferência não seja sugerida com erros posteriores, causando a perda do item após um gasto com transporte.

Levando esses pontos em consideração, é aplicado um algoritmo que analisa cada item individualmente, informando a quantidade exata que pode ser recebida em cada centro de produção ou armazenagem. Para o caso deste trabalho, o consumo utilizado como parâmetro

nos cálculos sempre foi o consumo mínimo dos últimos quatro meses, o que representa uma perspectiva mais moderada, buscando minimizar o risco de erros.

O algoritmo é dividido basicamente em duas situações, que incluem se a data de vencimento do item a ser transferido entre as unidades tem data de validade maior que a do item que já se encontra em estoque, ou se a data de validade é menor ou igual à do lote já estocado no local receptor. Para a primeira situação, todo o lote do centro receptor deve ser consumido antes dos itens transferidos iniciarem seu consumo. Na segunda situação, acontece o contrário. Neste ponto, é levado em consideração também a quantidade consumida durante o tempo de transporte até o destino. Esta análise é feita linha a linha dentro da planilha do Excel.

### *Algoritmo*

- i. 1º → Calcula a quantidade de dias para vencimento do item após o tempo de transporte;
- ii. 2º → Se a data de validade do item com risco é maior que a data de validade do item localizado no centro de destino, então o primeiro é consumido somente após esgotamento do segundo; caso contrário, o primeiro deve ser consumido antes do segundo no centro de destino;
- iii. 3º → Calcula a quantidade de itens que podem ser transferidos, de acordo com o critério anterior.

Após aplicação do algoritmo em todas as linhas do relatório, é então selecionado o menor valor autorizado a receber para cada item de cada centro. A partir desses valores, as transferências podem ser selecionadas de acordo com as preferências indicadas na mesma matriz utilizada. Localidades com maior preferência são consideradas aquelas com menores custos logísticos de transferência. Podem haver casos onde há um envio individual de todas as unidades do item crítico, mas também casos onde a melhor alternativa é distribuir os itens entre várias localidades.

### 3.4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após a aplicação de todas as etapas anteriores, serão gerados valores de disponibilidade de recepção de itens em localidades para cada um dos itens classificados como críticos pelo estudo. Quando esse valor é maior do que zero, significa que é possível realizar uma transferência e aquela quantidade de insumo será, muito possivelmente, consumida.

Dessa maneira, é importante visualizar, de maneira mais específica, custos logísticos de transporte, que são bastante variados no caso deste trabalho. Cada insumo tem características bastante específicas, seja de tamanho ou fragilidade, por exemplo. Assim, é difícil parametrizar um valor para o envio dos materiais. Como consequência, é necessária uma análise posterior a respeito do *trade-off* entre o custo da perda do item e o custo de envio do mesmo.

Por último, é possível visualizar o número de insumos individuais e suas quantidades, além do valor monetário, de todas as perdas que podem ser evitadas. É indicado também para onde cada transferência deve ser realizada, ou seja, é possível identificar locais com maiores oportunidades de recebimento e centros mais críticos com relação ao problema. Por fim, materiais mais caros podem ser estudados com maior detalhe com respeito aos seus pedidos de compra, evitando futuros problemas de escassez ou perda de insumo.

## **4. DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS**

Este capítulo apresenta a aplicação dos passos descritos no tópico metodologia, definindo o problema da empresa analisada. Descreve então a coleta e análise dos dados, o desenvolvimento do modelo e sua execução e, por fim, os resultados obtidos, com as sugestões de transferência que minimizam as perdas calculadas.

### **4.1.DEFINIÇÃO DO PROBLEMA**

O problema estudado surgiu a partir de um problema real da empresa especificada. O processo de compras e gerenciamento de estoques é bastante complexo, uma vez que envolve milhares de itens diferentes, em muitas localidades do Brasil. Tarefas como geração de pedidos a fornecedores, gestão de insumos estocados ou análise de falhas são apoiadas por um sistema ERP, que busca automatizar diversas ações e trazer maior uniformidade para a operação, ligando várias etapas dos processos. De maneira geral, o sistema ajuda a empresa a trabalhar grandes quantidades de materiais. Porém, possíveis erros podem não ser visualizados de maneira clara, uma vez que podem permanecer ocultos em maior à automatização.

Dessa forma, algumas brechas podem gerar grandes oportunidades de ganho quando expandidas para a visão global da empresa. Dentre elas, as perdas de materiais podem ser apontadas como geradoras de custos críticos, uma vez que causam danos em várias áreas. Um tipo de perda que tem características muito específicas é a por vencimento do prazo de validade, por apresentar causas que vão desde erros de compras até problemas no controle do estoque físico.

A partir de uma análise inicial sobre a situação atual dos itens armazenados, é possível identificar vários já vencidos, e outros mais com vencimento próximo, gerando altos custos de perda para a companhia. Assim, a partir dessa dor, é importante que esses insumos sejam identificados para que possam ser tratados. As ações sobre esse tipo de problema envolvem tanto imediatas, como as transferências entre centros, quanto direcionadas à causa raiz, realizando uma revisão geral de demandas cadastradas, por exemplo.

Muitas outras consequências podem surgir a partir dessas perdas, como um desabastecimento inesperado, e, por isso, deve-se ter atenção aos detalhes e trazer as soluções

à tona rapidamente. Dessa maneira, foi idealizada uma solução que envolvesse identificação e redistribuição de insumos com alta probabilidade de perda, de acordo com dados de uso e estoque.

#### **4.2. COLETA E ANÁLISE DE DADOS**

De forma inicial, a coleta dos dados se deu de maneira simples, uma vez que, para construção do modelo e geração dos resultados, são necessárias informações apenas do estoque atual e dos consumos históricos de cada item em cada localidade selecionada. Foram escolhidos todos os grandes centros de produção com seus respectivos armazéns de abastecimento, resultando em 19 pontos com estoque.

A partir das localidades presentes nos relatórios, é importante que o preenchimento da matriz de relação de preferência de envio entre unidades seja feito corretamente, pois afeta diretamente os resultados finais. Além disso, também é essencial definir a abordagem utilizada para aplicar o modelo, no sentido de adotar uma postura mais moderada ou mais ousada. Essa questão influencia, por exemplo, qual dado de demanda utilizar. No caso desta aplicação, uma postura mais moderada foi preferida, selecionando o consumo mínimo nas análises finais, uma vez que traz resultado com menor tendência de erros (em comparação com, por exemplo, selecionar o consumo médio, que direciona a uma postura mais otimista em relação à demanda futura).

O relatório de estoque extraído continha 7008 linhas de dados inicialmente, com 879 materiais diferentes armazenados em 19 centros, sendo dez de produção e nove de armazenagem, localizados em sete estados do Brasil. Dentre esses, alguns são retirados do estudo por, de acordo com a tabela 4, não possuíram nível de consumo suficiente (o exigido para o trabalho foi o nível 4) para seguirem com as análises. Assim, o trabalho é desenvolvido com 1749 linhas de dados, sendo 273 itens únicos, que somam, monetariamente, mais de quatro milhões de reais.

Cada uma das linhas busca seu item e centro correspondente no relatório de demanda, relacionando os consumos dos últimos quatro meses e o do mês atual até a data de extração do relatório. Dessa forma, é possível elencar os consumos mínimo, máximo, médio, recente e MTD, que serão utilizados nas análises.

### 4.3.DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DO MODELO

Com os dados do problemas tratados, o modelo foi aplicado conforme descrito. No total, foram gerados, sete níveis de prioridade, ou seja, um mesmo item possui no máximo 7 lotes diferentes numa mesma localidade. A maioria dos materiais possuem apenas um lote disponível, e as quantidades totais podem ser conferidas na tabela 8.

Prioridade	Quantidade
1	1031
2	517
3	142
4	41
5	12
6	3
7	3

Tabela 8: Relação da quantidade de itens por prioridade

Fonte: Autoria Própria

Com as informações de demanda já relacionadas, é possível classificar o risco de perda de cada item. A quantidade de itens categorizados em cada possível classificação pode ser visualizada na tabela 9. Pode-se observar que há grande oportunidade na tentativa de salvamento dos itens parametrizados com risco “Altíssimo” e “Alto”, como propõe o trabalho.

Risco	Quantidade	\$
Altíssimo	31559	R\$ 61,088.61
Alto	27	R\$ 444.85
Médio	28539	R\$ 68,896.93
Baixo	12467	R\$ 187,031.84
Baixíssimo	499	R\$ 77,148.49
Incerto	0	R\$ -
Sem consumo	0	R\$ -
Já vencido	2455	R\$ 6,841.10

Tabela 9: Quantidade de itens e valor monetário de cada risco de perda

Fonte: Autoria Própria



Uma análise mais detalhada para cada um dos centros, seja de produção ou de armazenagem, sugere que ações estratégicas devem ser tomadas, para evitar que grandes quantidades de itens permaneçam em risco sempre. De acordo com a tabela 10, observa-se que certos locais exigem uma tratativa diferenciada, como por exemplo o caso do centro de armazenagem localizado em H, com um percentual de itens com risco “alto” ou “altíssimo” sobre o total do estoque de 6,01%, o maior valor apresentado. Os nomes dos centros e as informações de itens são fictícios, utilizados para manter a discrição com relação à empresa.

Tipo do centro	Localidade do centro	Risco									Valor total de estoque	Proporção de risco alto e altíssimo
		Altíssimo	Alto	Médio	Baixo	Baixíssimo	Incerto	Sem consumo	Já vencido			
P	A	R\$ 168.00	R\$ -	R\$ 172.79	R\$ 1,185.00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 392.00	R\$ 23,503.66	0.71%	
A	B	R\$ -	R\$ -	R\$ 1,287.83	R\$ 4,908.00	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 1,698.49	R\$ 156,238.48	0.00%	
P	B	R\$ 1,759.14	R\$ -	R\$ -	R\$ 440.42	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 71,727.81	2.45%	
A	C	R\$ 1,402.38	R\$ -	R\$ -	R\$ 4,884.07	R\$ 781.08	R\$ -	R\$ -	R\$ 388.19	R\$ 225,177.55	0.62%	
P	C	R\$ -	R\$ -	R\$ 231.95	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 44,292.03	0.00%	
A	D	R\$ 5,639.93	R\$ -	R\$ 17,347.17	R\$ 8,731.36	R\$ 5,592.57	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 185,997.76	3.03%	
P	D	R\$ 29.33	R\$ -	R\$ 3,274.15	R\$ 1,496.23	R\$ 664.07	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 39,158.30	0.07%	
A	E	R\$ 7,994.81	R\$ 444.85	R\$ 22,601.07	R\$ 6,426.72	R\$ 1,913.84	R\$ -	R\$ -	R\$ 4.21	R\$ 351,482.46	2.40%	
P	E	R\$ 72.00	R\$ -	R\$ 31.45	R\$ 1,506.16	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 102.31	R\$ 65,489.25	0.11%	
A	F	R\$ 889.83	R\$ -	R\$ 957.43	R\$ 2,999.14	R\$ 13.29	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 24,742.45	3.60%	
P	F	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 1,603.47	R\$ 10.86	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 1,871.74	0.00%	
A	G	R\$ 140.39	R\$ -	R\$ 2,973.84	R\$ 8,051.93	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 20,509.60	0.68%	
P	G	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 1,732.98	0.00%	
A	H	R\$ 31,008.33	R\$ -	R\$ 3,474.25	R\$ 12,410.65	R\$ 5,705.77	R\$ -	R\$ -	R\$ 3,237.46	R\$ 515,736.71	6.01%	
P	H	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 37.36	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 40,127.69	0.00%	
A	I	R\$ 277.67	R\$ -	R\$ 2,820.30	R\$ 71,666.61	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 485,199.87	0.06%	
P	I	R\$ 1,327.77	R\$ -	R\$ 6,378.97	R\$ 13,312.64	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 206,432.25	0.64%	
A	J	R\$ 10,379.03	R\$ -	R\$ 7,021.57	R\$ 44,879.74	R\$ 62,429.65	R\$ -	R\$ -	R\$ 1,018.44	R\$ 1,341,289.93	0.77%	
P	J	R\$ -	R\$ -	R\$ 324.16	R\$ 2,529.70	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ 451,230.98	0.00%	
<b>Total:</b>		<b>R\$ 61,088.61</b>	<b>R\$ 444.85</b>	<b>R\$ 68,896.93</b>	<b>R\$ 187,031.84</b>	<b>R\$ 77,148.49</b>	<b>R\$ -</b>	<b>R\$ -</b>	<b>R\$ 6,841.10</b>	<b>R\$ 4,251,941.50</b>	<b>1.45%</b>	

Tabela 10: Valores monetários de estoque de acordo com os riscos para cada centro

Fonte: Autoria Própria

Todos os itens que possuem classificação de risco considerada elevada são analisados individualmente, junto com seus semelhantes em outros locais. As tabelas 11 e 12 apresentam a forma como a análise é realizada, expondo os dois primeiros materiais analisados como exemplo. As linhas destacadas representam os itens selecionados para análise. Esse formato foi aplicado para 35 itens no total, todos classificados com risco “alto” ou “altíssimo”, pareando-os com suas possíveis oportunidades de transferência.

Nº do material	Nome do material	Tipo do centro	Localidade	Lote	Data do vencimento	Estoque	Valor do estoque	Prioridade	Antes	Dias p/ vencer	Consumo mínimo	Consumo médio	Consumo máximo	Consumo recente	Consumo MTD	Status consumo
11111	XXX	P	C	21080EX	04/11/2021	19	R\$ 1,290.48	1	0	15	74	90	106	102	35	4
11111	XXX	A	C	21080EX	04/11/2021	39	R\$ 2,648.88	1	0	15	55	87.25	122	122	52	4
11111	XXX	A	J	21080EX	04/11/2021	61	R\$ 4,143.12	1	0	15	152	179.5	204	204	95	4
11111	XXX	A	I	21080EX	04/11/2021	32	R\$ 2,173.44	1	0	15	134	137	140	134	158	4
11111	XXX	P	E	21079EX	04/11/2021	2	R\$ 135.84	1	0	15	10	13.5	16	16	5	4
11111	XXX	P	J	21080EX	04/11/2021	30	R\$ 2,037.60	1	0	15	160	166.5	178	160	86	4
11111	XXX	A	D	21080EX	04/11/2021	12	R\$ 815.03	1	0	15	12	13.5	15	12	8	4
11111	XXX	A	B	21080EX	04/11/2021	3	R\$ 203.76	1	0	15	6	8.25	10	10	5	4
11111	XXX	P	D	21080EX	04/11/2021	5	R\$ 339.59	1	0	15	11.189	13.75	16.811	15	4	4
11111	XXX	P	B	21080EX	04/11/2021	4	R\$ 271.68	1	0	15	7.063	8.7415	10	10	3	4
11111	XXX	P	I	21080EX	04/11/2021	32	R\$ 2,173.44	1	0	15	104	115	129	129	135	4
11111	XXX	A	H	21080EX	04/11/2021	5	R\$ 339.60	1	0	15	47	55.5	70	55	25	4
22222	YYY	A	C	21275EX	06/12/2021	85	R\$ 8,349.65	1	0	47	107	133.75	161	107	52	4
22222	YYY	A	C	21275EX	08/12/2021	8	R\$ 785.85	2	85	49	107	133.75	161	107	52	4
22222	YYY	A	C	21276EX	14/12/2021	102	R\$ 10,019.59	3	93	55	107	133.75	161	107	52	4
22222	YYY	A	J	21275EX	06/12/2021	7	R\$ 888.63	1	0	47	14	15.75	17	16	6	4
22222	YYY	A	J	21275EX	08/12/2021	6	R\$ 761.69	2	7	49	14	15.75	17	16	6	4
22222	YYY	A	E	21275EX	08/12/2021	7	R\$ 811.88	1	0	49	24	28	32	27	11	4
22222	YYY	A	E	21276EX	14/12/2021	31	R\$ 3,595.49	2	7	55	24	28	32	27	11	4
22222	YYY	A	E	21277EX	20/12/2021	55	R\$ 6,379.09	3	38	61	24	28	32	27	11	4
22222	YYY	P	E	21274EX	01/12/2021	3	R\$ 459.61	1	0	42	21	26.5	29	27	9	4
22222	YYY	P	E	21275EX	08/12/2021	12	R\$ 1,838.45	2	3	49	21	26.5	29	27	9	4
22222	YYY	P	A	21274EX	01/12/2021	1	R\$ 129.19	1	0	42	13	14	15	15	3	4
22222	YYY	P	A	21275EX	06/12/2021	3	R\$ 387.58	2	1	47	13	14	15	15	3	4
22222	YYY	A	H	21275EX	08/12/2021	64	R\$ 7,525.28	1	0	49	43	45.5	51	51	30	4

Tabela 11: Resultado de classificação dos dois primeiros itens analisados

Fonte: Autoria Própria

<b>Perda com mínimo</b>	<b>R\$</b>	<b>Perda com média</b>	<b>R\$</b>	<b>Perda com máximo</b>	<b>R\$</b>	<b>Perda com recente</b>	<b>R\$</b>	<b>Perda com MTD</b>	<b>R\$</b>	<b>Risco</b>	<b>Qtd</b>	<b>R\$</b>
11.50	R\$ 781.08									Baixíssimo	0.00	R\$ -
										Baixíssimo	11.50	R\$ 781.08
										Baixíssimo	0.00	R\$ -
										Baixíssimo	0.00	R\$ -
										Baixíssimo	0.00	R\$ -
										Baixíssimo	0.00	R\$ -
6.00	R\$ 407.52	5.25	R\$ 356.58	4.50	R\$ 305.64	6.00	R\$ 407.52	5.68	R\$ 386.07	Altíssimo	4.50	R\$ 305.64
								1.84	R\$ 125.11	Baixíssimo	0.00	R\$ -
0.47	R\$ 31.82							1.63	R\$ 110.82	Baixo	1.84	R\$ 125.11
										Baixo	0.47	R\$ 31.82
										Baixíssimo	0.00	R\$ -
										Baixíssimo	0.00	R\$ -
								44.47	R\$ 4,368.70	Baixíssimo	0.00	R\$ -
										Baixíssimo	0.00	R\$ -
										Baixo	44.47	R\$ 4,368.70
										Baixíssimo	0.00	R\$ -
										Baixíssimo	0.00	R\$ -
										Baixíssimo	0.00	R\$ -
								6.16	R\$ 714.21	Baixo	6.16	R\$ 714.21
44.20	R\$ 5,126.47	36.07	R\$ 4,183.14	27.93	R\$ 3,239.80	38.10	R\$ 4,418.97	57.68	R\$ 6,690.41	Altíssimo	27.93	R\$ 3,239.80
										Baixíssimo	0.00	R\$ -
										Baixíssimo	0.00	R\$ -
										Baixíssimo	0.00	R\$ -
										Baixíssimo	0.00	R\$ -
										Baixíssimo	0.00	R\$ -

Tabela 12: Resultado de classificação dos dois primeiros itens analisados (continuação)

Fonte: Autoria Própria

Por fim, as possibilidades de recebimento nas localidades adjacentes são calculadas, buscando viabilizar a transferência. Nesse ponto são levados em consideração os diferentes lotes e suas respectivas datas de validade, para entender quando o item transferido irá ser consumido. Portanto, pode ser que o insumo seja consumido de forma imediata assim que chegar no destino ou, após o esgotamento de uma quantidade com menor prazo de validade. De acordo com a tabela 11, o item de número 22222 possui três lotes estocados no armazém em C, cada um com diferentes quantidades e datas de validade. Dessa forma, caso algum lote deste mesmo item seja transferido para esse centro, ele só será consumido após o esgotamento de todos os outros, uma vez que possui data de validade superior (20/12/2021, em comparação a 06/12/2021, 08/12/2021 e 14/12/2021). Esse fator deve ser levado em consideração no cálculo, já que pode haver a chance do material não chegar a ser utilizado no centro de destino.

É importante observar o objetivo da coluna “Antes” presente na tabela 11. Nela, são apontadas as quantidades do mesmo item a serem consumidas anteriormente, pois são lotes com menor data de validade localizados em um mesmo centro. Esse ponto é fundamental, uma vez que é possível haver situações onde a quantidade a ser recebida em um centro é viável para um dos lotes e inviabilizada por outro (ou seja, esse outro lote terá seu consumo impactado no futuro, podendo acarretar na perda da quantidade).

O último passo importante para definir a viabilidade da transferência é com relação ao tempo de transporte até o centro selecionado. Isto deve ser feito pois, uma vez que se tratam de insumos que tem risco de vencimento, cada dia a menos pode gerar um grande impacto financeiro. Deste modo, a partir da relação dos locais de partida com os destinos, de acordo com a matriz de relação de preferência de envio entre unidades, é possível determinar se a quantidade determinada chegará em tempo hábil para ser utilizada e, se não, quantas unidades podem ser transferidas de acordo com esse prazo.

Por fim, uma movimentação de determinado insumo pode ocorrer de forma unidirecional, ou seja, sendo encaminhada para um único destino, ou multidirecional, onde determinadas quantidades seguem para diferentes localidades, de acordo com o menor custo logístico total. Neste ponto é possível identificar qual o valor monetário a ser transferido e salvo nessa operação, mensurando a positividade do processo.

#### 4.4.RESULTADOS

Após a aplicação do modelo desenvolvido, foi possível identificar as oportunidades de aproveitamento dos itens com maiores probabilidades de vencimento. O programa retorna, então, quais e quantos materiais devem ser transferidos, para onde devem seguir e qual o retorno financeiro dessa movimentação, uma vez que a perda é solucionada.

De acordo com as premissas adotadas, o programa forneceu solução para R\$35.933,46 em insumos, o que representa 58,4% do total de itens classificados com risco “alto” ou “altíssimo”. São 26 transferências e 27.106 unidades movimentadas. A tabela 13 explicita todas as transferências programadas, de acordo com os dados coletados. É possível verificar quais são as origens e destinos de cada operação, além do valor da preferência do centro destino com relação à origem, determinando os custos logísticos e tempos de transferência.

Cód. do material	Tipo de centro origem	Local do centro origem		Tipo do centro destino	Local do centro destino	Preferência do centro destino	Qtd. transferida	Valor monetário salvo
10000001	A	D	→	A	J	2	5	R\$ 305.64
10000002	A	E	→	P	E	0	28	R\$ 3,239.80
10000003	A	J	→	P	J	0	13	R\$ 526.87
10000004	P	I	→	P	J	1	10	R\$ 160.00
10000005	A	H	→	A	I	1	5	R\$ 104.00
10000006	A	H	→	A	J	2	1200	R\$ 1,802.59
10000007	A	E	→	A	J	3	7	R\$ 20.07
10000008	A	F	→	A	E	1	53	R\$ 489.53
10000008	A	F	→	A	E	1	12	R\$ 110.50
10000009	A	I	→	A	J	1	72	R\$ 277.67
10000010	A	H	→	A	J	2	203	R\$ 852.58
10000010	A	H	→	A	I	1	2183	R\$ 9,165.71
10000011	A	D	→	A	J	2	5295	R\$ 1,319.04
10000012	A	E	→	A	J	3	7	R\$ 126.00
10000013	A	F	→	A	E	1	32	R\$ 289.80
10000014	A	D	→	A	J	2	17210	R\$ 3,489.73
10000014	A	D	→	P	I	5	188	R\$ 38.12
10000014	A	G	→	A	J	3	431	R\$ 102.12
10000015	A	H	→	A	C	4	8	R\$ 7,350.32
10000016	A	E	→	P	E	0	1	R\$ 62.48
10000017	A	H	→	P	J	2	11	R\$ 4,971.23
10000018	A	E	→	A	J	3	23	R\$ 375.24
10000019	A	G	→	A	E	1	31	R\$ 38.27
10000020	A	D	→	A	J	2	42	R\$ 390.78
10000021	A	D	→	A	I	5	11	R\$ 96.62
10000022	A	E	→	A	J	3	25	R\$ 2,833.99
<b>Total:</b>							<b>27106</b>	<b>R\$ 38,538.69</b>

Tabela 13: Movimentações resultantes da aplicação do modelo aos dados

Fonte: Autoria Própria

Posteriormente, a equipe logística pode receber as informações resultantes do modelo e propor as melhores maneiras de transferir estes itens críticos. Este ponto está além da aplicação do modelo, mas também é fator de fundamental importância para que os melhores resultados sejam alcançados.

É possível notar, também, que a localização J é um grande polo receptor para os itens que são escoados. Assim, ações podem ser tomadas para replicar a eficiência dos centros em manter boas quantidades de estoque, evitando possíveis movimentações futuras, o que diminuiria os custos.

Em alguns casos, um mesmo item pode ter que ser enviado a dois locais diferentes, pois um único centro não será capaz de receber toda a quantidade em risco. Nessas situações, o modelo desenvolvido lida de forma positiva, alocando as quantidades de acordo com as preferências, buscando, de maneira geral, reduzir os custos de transporte e o tempo total.

Deve-se mencionar que este trabalho aplicou o modelo para 19 centros de armazenagem e 273 itens individuais. A empresa analisada possui 72 centros similares aos estudados, com cerca de 10 mil itens diferentes estocados. Caso o modelo fosse replicado para todo o estoque, com a economia de cerca de R\$35.500 para a amostra estudada, é estimada uma economia de aproximadamente R\$1.300.000. Este resultado demonstra a robustez do modelo desenvolvido e dos conceitos aplicados.



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS, LIMITAÇÕES E FUTURAS LINHAS DE PESQUISA

Os desafios encontrados no gerenciamento da cadeia de suprimentos de empresas possui desafios diversos e constantes. Dentre as áreas envolvidas, o controle de estoques representa uma oportunidade estratégica para que a produção possa se manter em níveis ótimos ao longo do tempo. Porém, a medida que as operações se tornam maiores e mais insumos são armazenados, algumas falhas nos processos podem ocorrer e gerar problemas, incluindo os de desabastecimentos e de desperdícios.

É importante analisar e encontrar problemas específicos que diminuem a eficiência das empresas. No caso deste estudo, as perdas de material por vencimento do prazo de validade foram o foco, e a transferência de materiais entre centros de armazenagem e de produção é proposta para que itens críticos sejam utilizados.

Após definição dos objetivos, desenvolvimento do modelo e aplicação com dados reais de uma grande empresa da área da saúde no Brasil, é possível identificar resultados positivos do modelo proposto. Dessa forma, um considerável volume financeiro é economizado e problemas operacionais são gerenciados e solucionados de maneira satisfatória.

Por outro lado, em relação às limitações do modelo desenvolvido, existem pontos que devem ser analisados futuramente. Mesmo com as transferências evitando que certas perdas financeiras ocorram, a causa raiz do problema, que são as compras em excesso, não é tratada com eficácia, uma vez que não são revistos dados de demanda ou tamanhos de pedidos a fornecedores. Porém, a aplicação do modelo identifica insumos ou centros com maiores tendências de que a falha aconteça.

Há ainda variações de tamanhos e pesos de materiais, e o sistema desenvolvido não determina de forma precisa os custos de transporte entre destinos, aplicando referenciais dos valores. Portanto, não há exatidão com relação ao *trade-off* entre o custo da perda e o custo de transferência, sendo mais exato o valor salvo na operação com a utilização dos insumos.

Deve-se concluir que, a partir dos resultados obtidos, os objetivos propostos foram atingidos e a aplicação do modelo pode ser replicada ao longo do tempo, além de ser expandida para análise de mais materiais e centros de armazenagem e produção. Outro ponto importante é o fator flexível da aplicação, onde é possível incluir riscos mais leves, como o “médio” por

exemplo. O problema apresentado pode então ser tratado com maior direcionamento e com ações mais eficientes, gerando ganhos em várias etapas do processo e das operações.

## REFERÊNCIAS

- BALLOU, Ronald H. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Logística Empresarial. Bookman Editora, 2009.
- BORGES, T. C.; CAMPOS, M. S.; BORGES, E. C. Implantação de um Sistema para o Controle de Estoques em uma Gráfica/Editora de uma Universidade. Revista Eletrônica Produção & Engenharia, v. 3, p. 236-247, 2010. Disponível em: [http://www.revistaproducaoengenharia.org/arearestrita/arquivos\\_internos/artigos/03\\_\\_Formatacao\\_COD\\_205.pdf](http://www.revistaproducaoengenharia.org/arearestrita/arquivos_internos/artigos/03__Formatacao_COD_205.pdf). Acesso em: 20 jul. 2017.
- CHOPRA, Sunil; MEINDL, Peter. Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation. 3ª ed. Pearson Prentice Hall, 2007.
- CHRISTOPHER, M. Logistics and Supply Chain Management. Pitman Publishing, London, 1992.
- COHEN, S.; ROUSSEL, J. Strategic Supply Chain Management. McGraw Hill, New York, 2007.
- COX, A. Supply Chains, Markets and Power: Mapping Buyer and Supplier Power Regimes. Routledge, London, 2001.
- DE CARVALHO, José Mexia Crespo; CARDOSO, Eduardo Gomes. Logística. Sílabo, 2002.
- DE VRIES, Jan; HUIJSMAN, Robbert. Supply Chain Management in Health Services: An Overview. Supply Chain Management: An International Journal, 2011, 16.3: 159-165.
- FLEURY, P. F. Supply Chain Management: Conceitos, Oportunidades e Desafios de Implementação. Tecnológica, n. 39, fev. 1999.
- FARAHANI, R.Z.; REZAPOUR, S.; KARDAR, L. Logistics Operations and Management - Concepts and Models. Elsevier, 2011.
- GIANI, Gianpaolo; LAPORTE, Gilbert; MUSMANNO, Roberto. Introduction to Logistics Systems Planning and Control. John Wiley & Sons, 2004.
- GUPTA, R. K. Operations research. Krishna Prakashan Media, 1992.
- HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J. Introdução à Pesquisa Operacional. McGraw Hill Brasil, 2013.

INFORMS. What is O.R.? 2019. Disponível em: <https://www.informs.org/Explore/What-is-O.R.-Analytics/What-is-O.R.>. Acesso em: 15 Nov. 2023.

LAMBERT, Douglas M.; COOPER, Martha C.; PAGH, Janus D. Supply Chain Management: Implementation: Issues and Research Opportunities. *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 9, No. 2 (1998), p. 2.

LAMBERT, Douglas M.; STOCK, James R.; ELLRAM, Lisa M. Supply Chain Management: Processes, Partnerships, and Performance. 5ª ed. New York: McGraw-Hill Education, 2015.

LOESCH, Cláudio; HEIN, Nelson. Pesquisa operacional. Saraiva Educação SA, 2017.

NAVA, Amanda; AKKARI, Alessandra. Redução de Perda de Estoque por Validade Vencida: Proposta de um Modelo Preventivo de Gestão. *Produção em Foco*, v. 9, n. 1, p. 158-182, 2009.

NOVAES, Antônio. Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição. Elsevier Brasil, 2016.

SCHNELLER, Eugene, et al. Strategic Management of the Healthcare Supply Chain. John Wiley & Sons, 2023.

TAKITA, Antonio Mitsumasa Vieira; LEITE, Jandecy Cabral. Inbound Logistics: A Case Study. *Business Management Dynamics*, v. 6, n. 12, p. 14, 2017.

WATERS, Donald. Inventory Control and Management. John Wiley & Sons, 2008.

## ANEXOS

### Anexo A – Algoritmo de definição de prioridades e quantidades anteriores

$L \rightarrow$  Número da linha atual analisada;

$L^1 \rightarrow$  Número da linha anterior à analisada ( $L-1$ );

$N \rightarrow$  Número de linhas no banco de dados;

$P \rightarrow$  Prioridade do item em  $L$ ;

$P^1 \rightarrow$  Prioridade do item em  $L^1$ ;

$Q \rightarrow$  Quantidade anterior a ser consumida;

$Q^1 \rightarrow$  Quantidade anterior a ser consumida em  $L^1$ ;

$H^1 \rightarrow$  Quantidade de itens em  $L^1$ ;

- 1) Inicia com  $L = 2$ ;
- 2) Se  $L > N$ , fim do programa;
- 3) Se item e centro de estocagem da linha  $L$  são diferentes dos da linha  $L^1$ , retorna  $P = 1$  e  $Q = 0$ ;
- 4) Se não, retorna  $P = P^1 + 1$  e  $Q = Q^1 + H^1$ ;
- 5) Atualiza  $L = L + 1$  e retorna ao passo 2;

## Anexo B – Algoritmo de relação de históricos de consumo

L → Número da linha atual analisada;

LD → Número da linha analisada no relatório de demanda;

N → Número de linhas no banco de dados;

ND → Número de linhas no relatório de demanda;

Max → Valor consumido no mês de maior demanda;

Min → Valor consumido no mês de menor demanda;

Med → Valor médio consumido nos quatro meses anteriores;

Rec → Valor consumido no mês anterior;

Mtd → Valor consumido no mês atual;

NC → Nível de consumo do item;

- 1) Inicia com  $L = 2$ ;
- 2) Se  $L > N$ , fim do programa;
- 3) Inicia com  $LD = 2$ ;
- 4) Se  $LD > ND$ , atualiza  $L = L + 1$  e retorna ao passo 3;
- 5) Se item e centro de estocagem na linha L são diferentes dos na linha LD, atualiza  $LD = LD + 1$  e retorna ao passo 4;
- 6) Se são iguais, extrai os valores de consumo dos último quatro meses e do mês atual, atribuindo o maior valor a Max, o menor valor a Min, o valor do último mês a Rec, o valor do mês atual a Mtd e calcula a média dos quatro últimos meses e atribui a Med;
- 7) Analisa se há meses anteriores com consumo igual a zero, e retorna o valor de NC de acordo com a tabela de níveis de consumo;
- 8) Atualiza  $L = L + 1$  e retorna ao passo 2.

## Anexo C – Algoritmo de cálculo das prováveis perdas

DV → Data de validade do item;

DR → Data de extração do relatório;

DpV → Quantidade de dias para vencer;

Q → Quantidade de itens em estoque;

QA → Quantidade de itens a ser consumida antes (maior prioridade);

C → Consumo (máximo, mínimo, médio, recente ou MTD);

- 1) Calcula  $DpV = DV - DR$ ; se menor que zero, item já expirado;
- 2) Se  $(Q + QA) - (C * DpV / 30) < 0$ , não há perdas, e o material é totalmente consumido de acordo com o valor de consumo;
- 3) Se não, o resultado é a quantidade de unidades com probabilidade de perda, de acordo com o valor de consumo;

## Anexo D – Algoritmo de cálculo das possibilidades de transferência

L = linha do item com risco;

DV = data de validade do item com risco;

DpV = dias para o item com risco vencer (data de validade menos a data de extração do relatório);

P = preferência de acordo com a matriz preenchida (valor utilizado como sinônimo do tempo de transporte entre localidades);

Qtd = quantidade de itens em estoque na localidade destino;

QtdA = quantidade de itens a serem consumidos antes na localidade destino;

C = consumo mínimo nos últimos quatro meses;

DVd = data de validade do lote do item no centro de destino;

Qtd\_pode\_receber = quantidade calculada que pode ser recebida antes da data de validade do item no centro destino;

DpV\_apos\_transp = dias para o item com risco vencer levando em consideração o tempo de transporte até o destino;

QtdA\_transf = quantidade de itens a serem consumidos antes dos itens transferidos começarem a serem utilizados;

Qtd\_transf\_autoriz = quantidade de itens autorizados a serem transferidos;

- 1)  $DpV\_apos\_transp = DpV - P$ ;
- 2) Se  $DV > DVd$ , então  $QtdA\_transf = Qtd + QtdA - (P * C / 30)$ ;
- 3) Caso contrário,  $QtdA\_transf = QtdA - (P * C / 30)$ ;
- 4) Caso o resultado seja menor que zero, retornar zero;
- 5) Calcula  $Qtd\_transf\_autoriz = (DpV\_apos\_transp * C / 30) - QtdA\_transf$ ;
- 6) Se  $DV \leq DVd$  e se  $Qtd\_transf\_autoriz > Qtd\_pode\_receber$ , então iguala  $Qtd\_transf\_autoriz$  a  $Qtd\_pode\_receber$ ;