

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ANDRÉ LUIS SPOLADOR
MURILO CAIO MAYER

GERENCIAMENTO DE ESTOQUE EM UMA EMPRESA MADEIREIRA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA

2021

ANDRÉ LUIS SPOLADOR

MURILO CAIO MAYER

GERENCIAMENTO DE ESTOQUE EM UMA EMPRESA MADEIREIRA

Stock management in a timber company

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Dr. Yslene Rocha Kachba.



PONTA GROSSA

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

	<p style="text-align: center;">Ministério da Educação UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ CÂMPUS PONTA GROSSA Departamento Acadêmico de Engenharia de Produção</p>	
---	--	---

TERMO DE APROVAÇÃO DE TCC

GERENCIAMENTO DE ESTOQUE EM UMA EMPRESA MADEIREIRA

por

ANDRÉ LUIS SPOLADOR E MURILO CAIO MAYER

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 28 de abril de 2021 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção. O(A)(s) candidato(a)(s) foi(foram) arguido(a)(s) pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr(a). Yslene Rocha Kachba
Prof. Orientador(a)

Prof. Dr(a). Fabio Jose Ceron Branco
Membro titular

Prof. Dr(a). Juan Carlos Claros Garcia
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

AGRADECIMENTOS

Agradecemos nossas famílias e amigos por todo apoio fornecido nesse período de nossas vidas que demandamos muita paciência e compreensão.

Agradecemos também nossa orientadora Yslene por nos ajudar mesmo com tantas dificuldades no trajeto e a Universidade Tecnológica Federal do Paraná por fornecer suporte e infraestrutura durante todo decorrer do curso.

RESUMO

O gerenciamento de estoque é uma questão de fundamental importância em muitas áreas da produção. Porém, muitas empresas acabam por negligenciar sua gestão por falta de conhecimento e/ou tempo. Na área industrial, atua a empresa objeto de estudo, o estoque é mantido a níveis elevados para garantir o nível de produção, sem levar em consideração alguns custos e malefícios embutidos nessa prática. A partir deste pensamento, foi realizado no presente trabalho um estudo de caso com a utilização de conceitos de gestão e modelagem de estoque para a definição da demanda como determinística e para determinar o estoque de segurança e o tamanho do lote de reposição, que proporcionaram uma redução de 14,57% de custos para a empresa, sendo que este estudo pode ser replicado para diversas empresas.

Palavras-chave: Gestão de estoque. Controle de níveis de estoque. Lote econômico de compra.

ABSTRACT

Inventory management is an issue of fundamental importance in many areas of production. However, many companies end up neglecting their management due to lack of knowledge and / or time. In the industrial area, where the company under study operates, the stock is kept at high levels to guarantee the level of production, without taking into account some costs and harms embedded in this practice. Based on this thought, a case study was carried out in the present work with the use of inventory management and modeling concepts to define demand as deterministic and to determine the safety stock and the size of the replacement lot, which provided a 14.57% cost reduction for the company, this study can be replicated for several industries.

Keywords: Inventory management. Control of stock levels. Economic purchase lot.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Componentes do ciclo de pedido do cliente	16
Figura 2 - Gráfico Quantidade x Tempo para entregas totais	22
Figura 3 - Gráfico Quantidade x Tempo para entregas parceladas	22
Figura 4 - Padrão de estoque no modelo EOQ clássico	27
Figura 5 - Ponto de reabastecimento no modelo EOQ clássico	28
Figura 6 - Função custo de estoque com desconto no preço por quantidade	30
Figura 7 - Solução ótima para os problemas de estoque com desconto de preço por quantidade	31
Figura 8 - Estoque de segurança sobreposto ao modelo LEC clássico	33
Figura 9 - Efeito do Tamanho do Lote sobre o Custo Total	36
Figura 10 - Fluxograma das Atividades realizadas	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Nível de fator de segurança, correspondente ao nível de serviço _____	19
Tabela 2 - Dados referentes ao LEC. _____	50
Tabela 3: Dados referentes ao LEC e Pallets _____	53
Tabela 4: Tábua de pinus - medidas _____	55
Tabela 5: Custo e Especificação de material _____	56
Tabela 6: Definição da demanda _____	57
Tabela 7: Cálculo de estoque de segurança _____	59
Tabela 8: Especificações por palete _____	61
Tabela 9: Dimensões e fator de cubagem por modelo de caminhão _____	61
Tabela 10: Comparação de peso do material por Peso cubado para cada modelo de caminhão _____	62
Tabela 11: Capacidade de paletes e carga por tipo de caminhão _____	62
Tabela 12: Custos totais de transporte _____	63
Tabela 13: Variáveis comuns _____	63
Tabela 14: Vários produtos pedidos e entregues de forma independente _____	64
Tabela 15: Quantidade demandada de caminhões por modelo de material _____	66
Tabela 16: Restrições de volume, peso e quantidade de palete _____	66
Tabela 17: Custo de transporte por modelo de material _____	67
Tabela 18: Lotes pedidos e entregues juntos _____	68
Tabela 19: Somatório LEC e quantidade demandada de caminhões _____	69
Tabela 20: Restrições de volume e peso _____	69
Tabela 21: Quantidade demandada de caminhões por modelo de material _____	70
Tabela 22: Lotes pedidos e entregues juntos _____	71
Tabela 23: Lotes pedidos e entregues em um mix de produtos _____	72
Tabela 24: Somatório LEC e quantidade demandada de caminhões _____	73
Tabela 25: Restrições de volume e peso _____	74
Tabela 26: Quantidade demandada de caminhões por modelo de material _____	74
Tabela 27: Comparativo de lote econômico e frequência de pedidos por modelo _____	76
Tabela 28: Restrições de volume e peso _____	76

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1.	PROBLEMA	10
1.2.	JUSTIFICATIVA	11
1.3.	OBJETIVO GERAL	11
1.4.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
1.5.	DELIMITAÇÃO DO TEMA	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1.	GESTÃO DE ESTOQUE	13
2.2.	TEMPO DE CICLO	16
2.2.1	Estoque de Segurança	17
2.2.2	Tamanho do Lote de Reposição	19
2.3.	MODELAGEM DE ESTOQUE	23
2.3.1	Modelo Geral de Estoque	24
2.3.2	Definição da Demanda	24
2.3.3	Estoque Cíclico	33
2.4.	REVISÃO DE ARTIGOS	41
2.5.	CONCEITOS ESTATÍSTICOS	45
2.5.1	Desvio Padrão	45
3.	METODOLOGIA	47
3.1.	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	47
3.2.	AMBIENTE DE COLETA DE DADOS	47
3.3.	PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS	49
3.4.	PROCESSAMENTO DOS DADOS	50
4	RESULTADOS E DESENVOLVIMENTO	55
4.1.	IDENTIFICAÇÃO DO MATERIAL ALVO DO ESTUDO.	55
4.2.	LEVANTAMENTO DE DEMANDA.	55
4.3.	DEFINIÇÃO DA DEMANDA	56
4.4.	ESTOQUE DE SEGURANÇA	58
4.5.	CUSTO DE PEDIDO	59
4.6.	CUSTO DE MANUTENÇÃO	60

4.7.	CUSTO DE TRANSPORTE _____	60
4.7.1.	Simulação das características do modal _____	61
4.8.	DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS COMUNS _____	63
4.9.	MODELOS DE CUSTO DE ESTOQUE _____	64
4.9.1	Custo de estoque para pedidos independente _____	64
4.9.2	Custo de estoque para pedidos feitos e entregues em conjunto _____	67
4.9.3	Custo de estoque para tamanhos de lotes pedidos e entregues juntos para um subconjunto selecionado _____	71
4.9.4	Comparativo _____	75
5	CONCLUSÃO _____	78
	REFERÊNCIAS _____	80
	ANEXO A - DEMANDA DE KITS DE URNAS FUNERÁRIAS E DE TÁBUAS DE PINUS _____	84
	ANEXO B – TABELA DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGA _____	87

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a economia brasileira estagnou, sendo que no ano de 2020, devido à influência negativa da COVID-19, o setor industrial e o Produto Interno Produto (PIB) brasileiro apresentam projeção de retração em comparação ao ano de 2019, segundo a Confederação Nacional da Indústria (CNI) (SÃO PAULO, 2020).

Observando crises econômicas anteriores é possível notar que empresas melhor preparadas e estruturadas conseguem superar as crises de maneira mais rápida e eficiente. Uma forma eficaz de se estruturar uma empresa é realizar um gerenciamento de seus custos, criando vantagens competitivas. Os departamentos de logística e estoque são peças chaves para gerar um melhor posicionamento no mercado.

No setor industrial há muita negligência com o gerenciamento de fluxo de materiais, por apresentar, em uma análise superficial, um valor baixo em relação ao fluxo financeiro da empresa. Com base no índice de difusão em pontos do estoque efetivo-planejado das indústrias, levantado pelo CNI, em média os estoques estão acima do estoque planejado, o que resulta em um gasto superior ao ideal.

Quando se observa altos índices de materiais estocados e desperdiçados observa-se ineficiência no processo trazendo assim custos não desejados. “No ambiente empresarial, se por um lado baixos níveis de estoque podem levar a perdas de economias de escala e altos custos de falta de produtos, por outro lado o excesso de estoques representa custos operacionais e de oportunidade do capital empatado” (GARCIA, 2006).

Sendo assim, a gestão de estoque se faz uma ferramenta de valor estratégico e competitivo para as empresas, reduzindo custos e trazendo uma utilização mais eficaz dos espaços e recursos disponíveis à empresa.

1.1. PROBLEMA

Os custos envolvidos na gestão de estoques em uma fábrica, interferem na eficiência da gestão empresarial?

1.2. JUSTIFICATIVA

Este trabalho tem por justificativa realizar o levantamento dos custos que afetam a gestão de estoque na indústria madeireira com objetivo de melhorar o desempenho da gestão dos estoques. Entre os fatores levantados estão o custo, a área disponível para estocagem e o fator de cumprimento de entrega de material para que não ocorram atrasos nos cronogramas de produção.

O custo pode ser entendido por estoques que geram custos de pedido, armazenagem, transporte, movimentação e custo de obsolescência (BALLOU, 2006). Assim este custo deve ser minimizado o máximo possível.

Quando se trata da área disponível para estocagem, é uma área geralmente dentro da planta industrial que é destinada ao estoque de material, sendo que em alguns casos são locados espaços externos destinados exclusivamente para estocagem.

Por fim, relacionado com o setor de compras de material, é o fator que leva em consideração a capacidade do fornecedor conseguir entregar os materiais solicitados no prazo determinado para que não ocorram atrasos na produção, pois quando os níveis de estoque zeram, não ocorre o pleno funcionamento de suas atividades.

1.3. OBJETIVO GERAL

Propor a utilização de um método de gestão de estoque eficiente, com foco na redução dos custos de manutenção de estoque e de pedido em uma unidade fabril de produtos madeireiros.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Realizar o levantamento e análise da demanda de materiais do estoque, prazos de entregas e custos de estocagem para a indústria a serem realizadas no espaço de tempo a ser pesquisado;
- b) Pesquisar na literatura métodos para a execução da gestão de estoque de acordo com as características do estudo de caso;
- c) Identificar os ganhos a serem obtidos na escolha de determinado modelo de gestão de estoque.

1.5. DELIMITAÇÃO DO TEMA

Com um foco no objetivo na redução de custos para buscar a sobrevivência no mercado abalado pela pandemia da COVID-19, empresas de pequeno e médio porte com melhor gestão de seus processos internos possuem maiores chances de sobrevivência, assim utilizando de uma metodologia de gestão de estoque eficiente uma empresa pode buscar a redução de despesas e aumentar sua eficiência em busca de prazos, o que afeta diretamente o custo do produto final. Tais metodologias classificaram a demanda de estudo como determinística, o estoque como cíclico e a necessidade de fazer alterações no tamanho e frequência dos pedidos para redução de custos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo do trabalho, serão referenciados os temas abordados pelo estudo do objetivo específico do trabalho.

2.1. GESTÃO DE ESTOQUE

Estoques estão presentes em muitos tipos de processos, eles são uma etapa crucial para se manter o funcionamento de muitos processos.

“Estoques são acumuladores de matérias-primas, suprimentos, componentes, materiais em processo e produtos acabados que surgem e, numerosos pontos do canal de produção e logística das empresas” (BALLOU, 2006).

Os estoques também são vistos por “quaisquer quantidades de bens físicos que sejam conservados, de forma improdutiva, por algum intervalo de tempo, constituem estoques tanto os produtos acabados que aguardam a venda ou despacho quanto matérias-primas e componentes que aguardam utilização produtiva” (MOREIRA, 1996; BORGES et al, 2010).

Segundo Corrêa et al.(2012), os estoques têm como principal característica proporcionar independência as fases de um processo de transformação.

O estoque deve funcionar como elemento regulador do fluxo de materiais da empresa, isto é, como a velocidade com que chega à empresa é diferente da que sai, há necessidade de certa quantidade de materiais, que hora aumenta hora diminui amortecendo as variações (PROVIN e SELLITTO, 2011). Isto é, ele serve para manter o fluxo de saída sempre constante, assim evitando a falta de material.

A gestão efetiva de estoque é aquela que garante o nível de serviço desejado, com o mínimo de custo logístico total. “No ambiente empresarial, se por um lado baixos níveis de estoque podem levar há perdas de economias de escala e altos custos de falta de produtos, por outro lado o excesso de estoques representa custos operacionais e de oportunidade do capital empatado” (GARCIA, 2006).

A importância do gerenciamento dos estoques tratado pelos autores se dá ao impacto que causa a empresa pela má gestão. A ausência de material acarretará

na produção interrompida e se houver uma grande quantidade de material estocado, o custo de armazenagem será alto.

Para uma melhor gestão de estoque, é preciso entender quais são as categorias de estoque, segundo Ballou (2006) existem cinco categorias distintas:

- a) A primeira seria o estoque em canal, se dá pelo estoque em trânsito entre os elos da cadeia de suprimentos. Onde a movimentação é lenta e/ou possui uma grande distância ou há muitos elos. O número de estoque no canal é muito maior que o existente nos pontos de depósito. Estoques em processo entre operações podem ser considerados estoque em canal;
- b) Estoques especulativos são os estoques gerados através de uma especulação obtida pela empresa, sendo que os preços de determinado produto podem variar, alertando o setor financeiro. Assim toma-se medidas para aproveitar tal informação gerando estoques para aproveitar um baixo preço, ou para evitar um futuro aumento de preço;
- c) O estoque cíclico como aquele que se origina de uma demanda regular, este estoque é necessário para suprir a demanda média, durando muitos ciclos de produção. A quantidade de estoque é altamente dependente do tamanho dos lotes produzidos, limitação de espaço para armazenagem, esquemas de desconto por quantidade e custo de movimentação;
- d) Estoque de pulmão, que é utilizado para contra-atacar, a variabilidade da demanda e os prazos para reposição. É uma quantidade extra, ou estoque de segurança, é acréscimo ao estoque normal necessário para suprir as demandas médias e os prazos médios;
- e) E por fim, a parte do estoque que não traz retorno à empresa, pois fica ultrapassada, se deteriora, é perdida ou roubada durante um processo de armazenagem prolongada. Este é o chamado como estoque morto ou obsoleto.

Quando tratado de estoques, Lustrosa et al (2008) dizem que os estoques implicam em custos que, mal administrados, podem superar os ganhos obtidos com sua existência. O entendimento da natureza desses custos é, portanto vital para o dimensionamento e controle dos estoques. Os custos associados aos estoques podem ser tratados em três grupos:

- a) Custos de pedido: são os custos ligados à decisão de repor o estoque, e eles não variam conforme o tamanho do lote. Este geralmente está ligado ao custo de preparação da linha de produção, a parte burocrática que envolve o processo de compra do material, e alguns custos de transporte desde que este não varie dependendo do pedido. O número de pedido tem relação diretamente proporcional com o custo do pedido;
- b) Custos de armazenagem: Esse grupo está relacionado aos custos que variam dependendo do volume armazenado. Isto é conforme maior o volume maior será o custo de armazenagem. Aqui são considerados os custos de capital, onde está imobilizado em forma de itens; custo de estocagem e manuseio referente aos custos de instalações, mão de obra e equipamentos;
- c) Custo de falta: Expressa que está correlacionado ao não atendimento da demanda. Isto é o custo com pessoal, infraestrutura, etc., para não haver o processo de produção de um material ou venda de um item, assim não obtendo um lucro desejado.

O estoque é um importante elemento na cadeia de suprimentos e pode alterar a eficiência das empresas se não for bem gerenciado (CHOPRA; PETER, 2003). Na cadeia de suprimentos se encontram os fornecedores, as atividades de transformação, distribuição e chega aos respectivos consumidores, gerando a necessidade de demanda dos produtos, a fim de atender essa demanda como um todo é gerado um índice chamado nível de serviço ao cliente, que se dá pela capacidade do produtor conseguir atender a demanda do cliente. Os objetivos do gerenciamento de estoque são maximizar os recursos da empresa e fornecer um nível satisfatório de serviço ao cliente ou consumidor.

O gerenciamento de estoque com qualidade garante um bom nível de serviço, que é o resultado de todos os esforços logísticos da empresa no atendimento dos pedidos dos clientes (BALLOU, 1993).

Bertaglia (2009) afirma que a verdade é que os estoques desempenham papel importante e possuem funções distintas relacionadas às demandas de mercado, às características do produto e sua movimentação na interferência da situação econômica. Assim adota-se que possui dois tipos de demanda que um produto pode ter, e para conseguir gerenciar os estoques é preciso classificá-lo

através da sua demanda. Sendo eles identificados por demanda independente e demanda dependente.

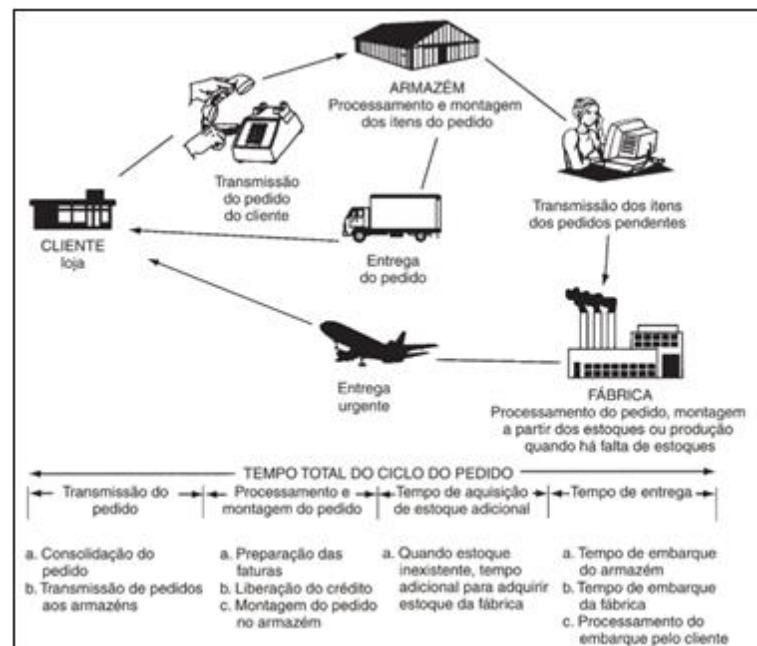
Demanda independente é determinada pelas condições de mercado, não sendo afetada pela necessidade de produção. Ela é gerada diretamente pelo consumidor ou cliente (atacadistas, varejistas e comércio em geral) e apresenta em seu escopo itens como os de consumo hospitalar, de bens de consumo e peças de substituição (BERTAGLIA, 2009).

Demanda dependente é apontada pelas decisões de produção e está vinculada à demanda independente. Um exemplo é o pneu de um automóvel, uma vez que um carro requer cinco pneus para ser montado. Desta forma a demanda de pneus depende da quantidade de carros produzidos (BERTAGLIA 2009).

2.2. TEMPO DE CICLO

O tempo de ciclo é definido por Ballou (2006) como sendo, o tempo decorrido entre o momento do pedido do cliente, a ordem de compra ou requisição do serviço e aquele que da entrega do produto ou serviço ao cliente.

Figura 1 - Componentes do ciclo de pedido do cliente



Fonte: Ballou (2006)

Na Figura 1 observam-se os elementos típicos de um tempo de ciclo, serviços como montagem, processamento, produção, disponibilização de estoque e tempo de entrega, tem seu tempo de ocorrência dependendo do método de transmissão adotado.

Na Figura 1 é possível notar que os processos envolvidos, desde o pedido realizado pelo cliente até a sua efetiva entrega, demandam um determinado tempo. Quando esse pedido possui estoque o número de processos e, conseqüentemente, o tempo do ciclo é inferior se comparado aos pedidos que não oferecem estoque, dado que será necessário realizar a solicitação de estoque perante a fábrica e solicitar entregas especiais, o que ocasiona custos mais elevados, fato que é discutido mais adiante.

2.2.1 Estoque de Segurança

Quando se fala em manter o fornecimento de matéria-prima ou produto, independentemente da variação da demanda, é necessário à utilização do estoque de segurança. O estoque de segurança entra em questão quando o autor questiona a que nível de serviço à empresa quer alcançar com relação ao cliente e, a que ponto o estoque de segurança irá minimizar os custos logísticos (SANDRINI, 2017).

Este tem por finalidade manter o processo em funcionamento mesmo que haja um aumento inesperado da demanda, evitando que o processo seja interrompido. Assim, como para Bergalia (2003), o estoque de segurança visa proteger rupturas de estoque, enquanto se espera o recebimento do pedido.

“Determinar a quantidade do estoque de segurança a ser mantido é uma decisão importante, pois envolve a opção entre o custo do excesso de estoque ou custo causado pela perda de vendas” (CHOPRA; PETER, 2003). Tais custos estão diretamente ligados ao preço de venda e conseqüentemente ao preço de aquisição dos produtos. O preço de venda necessário resulta na determinação de uma redução do custo de compra e de estoque, principalmente quando estes elementos são parte importante da despesa de operação de uma atividade empresarial (MARTINS; ALT, 2006).

O estoque de segurança é determinado, equação (1), pelas variáveis: nível de serviço representado por FS , desvio padrão utilizado como σ , e a demanda do produto determinada por D .

$$ES = FS * \sigma * D \quad (1)$$

Onde:

ES – Estoque de segurança;

FS – Fator de segurança;

σ – Desvio padrão;

D – Demanda do produto.

A equação (1) adaptada é utilizada para os casos que a demanda é totalmente conhecida, e o *lead time* (prazo de entrega) do fornecedor varia conforme uma curva normal (CORRÊA, et al. 2007).

Já nos casos em que a demanda ou o *lead time* variam, o cálculo do estoque de segurança é dado pela equação (2):

$$ES = FS * \sigma_{dLT} \quad (2)$$

Onde:

σ_{dLT} = desvio-padrão de demanda durante o período do *lead time*.

Para o desvio-padrão da demanda normalmente distribuído durante um *lead time* também distribuído de maneira normal (EPPEN; MARTIN, 1988).

Para o cálculo do desvio-padrão de demanda durante o período do *lead time* da equação (2), utiliza-se a equação (3):

$$\sigma_{dLT} = \sqrt{D^2 * \sigma_{LT}^2 + LT * \sigma_D^2} \quad (3)$$

Onde:

LT – *Lead time*;

σ_{LT} – Desvio-padrão do *lead time*;

σ_D – Desvio-padrão dos desvios da demanda em relação à previsão.

Para a identificação do fator de segurança, utiliza-se do nível de serviço que a empresa gostaria de disponibilizar para seus clientes. Com esse valor de objetivo busca-se o fator de segurança correspondente na Tabela 1.

Tabela 1- Nível de fator de segurança, correspondente ao nível de serviço

Fator de segurança			
Nível de Serviço	Fator de serviço	Nível de Serviço	Fator de serviço
50%	0,000	96%	1,751
60%	0,254	97%	1,880
70%	0,525	98%	2,055
80%	0,842	99%	2,325
95%	1,037	99,9%	3,100
90%	1,282	99,99%	3,620
95%	1,645		

Fonte: CORRÊA et al. (2012)

Na Tabela 1 a relação do fator de serviço, com relação ao número de desvio padrão que se deve manter em estoque de segurança para garantir o correspondente nível de serviço.

2.2.2 Tamanho do Lote de Reposição

A determinação do tamanho dos lotes de reposição é obtida da análise dos custos que estão envolvidos no sistema de reposição e de armazenagem dos itens (TUBINO, 2009). Assim o que define o tamanho do lote de reposição é o comportamento dos custos envolvidos.

Existem três componentes de custos associados ao processo de reposição e armazenagem dos itens: Custos diretos; Custos de manutenção de estoque e os custos de preparação para reposição.

2.2.2.1 Custo direto

É aquele incorrido diretamente com a compra ou fabricação do item. É proporcional à demanda para o período e aos unitários do item (de fabricação ou de compra) (TUBINO, 2009).

É o custo real de todos os materiais que estão na empresa, parados ou sendo usados para atender a demanda (POZO, 2015).

O custo direto ($C.D$) é a dado através da equação (4):

$$C.D = D * C \quad (4)$$

Onde:

$C.D$ – Custo Direto;

D – Demanda do período;

C – Custo unitário.

Sendo o custo unitário referente ao custo de compra ou fabricação do item.

2.2.2.2 Custo de Preparação

É o custo que leva em consideração os gastos para a produção do produto ou serviço. É o custo mensal de toda mão de obra envolvida em atividades de estoque, tais como pessoal de manuseio, de controle e gerenciamento, inclusive com encargos trabalhistas (POZO, 2015).

Segundo Tubino (2009), são custos referentes ao processo de reposição do item pela compra ou fabricação do lote de itens. Para o cálculo do Custo de Preparação ($C.P$) do período, é apresentado através da equação (5), onde:

$$C.P = N * A \quad (5)$$

Onde:

$C.P$ – Custo de preparação;

N – Número de pedidos de compra ou fabricação durante o período;

A – Custo unitário do produto.

Na equação (6), é apresentado o número de pedidos em função da demanda (D) e do tamanho do lote de reposição (Q).

$$N = \frac{D}{Q} \quad (6)$$

Onde:

Q – Tamanho do lote econômico.

E em seguida na equação (7) é rerepresentada a equação do Custo de Preparação, utilizando o número de pedido através da equação (6) em relação ao custo unitário do produto (A).

$$C.P = \frac{D}{Q} * A \quad (7)$$

O custo de preparação é proporcional ao custo de uma preparação de compra ou de fabricação do item ao número de vezes em que este item for requerido durante o período de planejamento (TUBINO,2009).

2.2.2.3 Custo de manutenção de estoque

Referem-se a todos os custos necessários para manter determinada quantidade de materiais ou produtos armazenados e seus respectivos valores monetários (VOLLMANN et al, 1997).

São custos decorrentes do fato de o sistema produtivo necessitar manter itens em estoques para o seu funcionamento. Isto implica numa série de custos, tais como: mão de obra para armazenagem e movimentação dos itens; aluguel; luz; seguro; telefone; sistemas computacionais; equipamentos do almoxarifado; custos de deterioração e obsolescência dos estoques. O custo de manutenção dos estoques é proporcional à quantidade de estoque médio do período de planejamento, ao custo unitário do item e à taxa de encargos financeiros que incidem sobre os estoques (TUBINO, 2009).

Se assim, o custo de manutenção ($C.M$) é dado pela relação da quantidade de estoque médio do período (Q_m), equação (9), pelo custo unitário do item (C) e a taxa de encargo financeiro sobre os estoques, como descrito na equação (8).

$$CM = Q_m * C * I \quad (8)$$

Onde:

CM – Custo de manutenção;

Q_m – Quantidade de estoque médio do período;

C – Custo unitário;

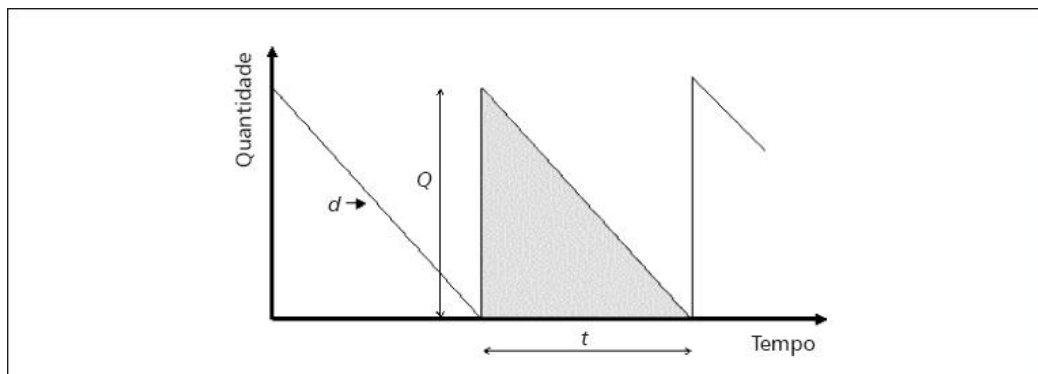
I – Taxa de encargo financeiro sobre os estoques.

O valor da taxa de encargos se dá pela fração referente ao custo total de manutenção do estoque pelo valor médio de unidades no período.

Segundo Tubino (2009), o estoque médio (Q_m) depende da forma como a entrega do lote é feita. Basicamente, pode-se fazer a entrega de todo o lote (Q) de uma vez só, ou em parcelas, segundo uma taxa de entrega (m).

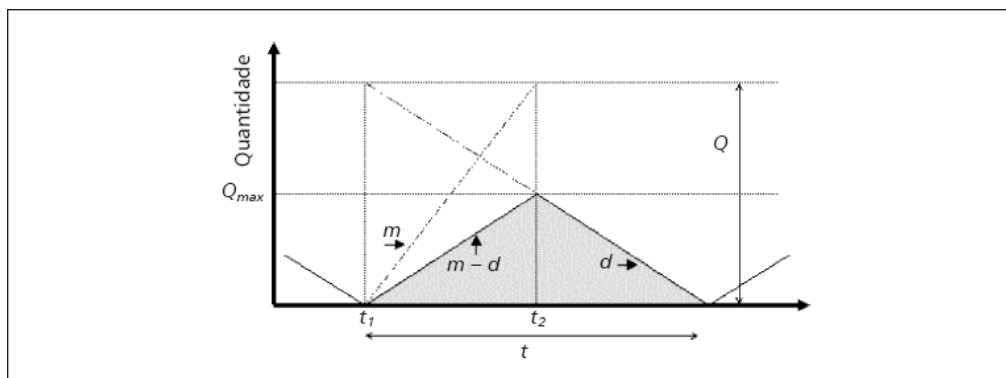
A Figura 2 representa uma demanda ao longo do tempo, para um sistema de reposição total, também chamado de dente de serra. Já na Figura 3 é a representação de uma demanda sendo atendida por um sistema de reposição parcelada.

Figura 2 - Gráfico Quantidade x Tempo para entregas totais



Fonte: Tubino (2009), Garcia et al (2006)

Figura 3 - Gráfico Quantidade x Tempo para entregas parceladas



Fonte: Tubino (2009)

Na Figura 3 observa-se que a área do triângulo que representa o estoque médio dado pela metade da área representada na Figura 2. Sendo assim:

$$Q_m = \frac{Q}{2} \quad (9)$$

Onde:

Q_m – Estoque médio.

2.2.2.4 Custo Total

Com a definição dos três custos, citados anteriormente, sendo eles o Custo Direto ($C.D$), Custo de Preparação ($C.P$) e Custo de Manutenção ($C.M$), podemos obter uma equação para o custo total do sistema representada pela equação (10).

$$C.T = C.D + C.P + C.M \quad (10)$$

Onde a equação (10) pode ser reescrita pelos seus respectivos custos, apresentados pelas equações (4), (7) e (8).

2.3. MODELAGEM DE ESTOQUE

Hillier e Lieberman (2013) enfatizam que o controle de estoque científico é uma ferramenta poderosa para ganhos de competitividade, listando quatro etapas necessárias a serem seguidas para a sua devida implementação:

1. Formular um modelo matemático que descreva o comportamento do estoque;
2. Buscar uma política ótima de relação ao modelo;
3. Manter o registro dos níveis de estoque de forma computadorizada;
4. Utilizar o registro juntamente com a política de estoque para sinalizar quando e em quanto deve ser reabastecido o estoque.

De acordo com Taha (2008), a modelagem de estoque é utilizada para determinar o nível de disponibilidade de uma mercadoria, minimizando os possíveis prejuízos às operações, através do equilíbrio entre os custos de se manter

excedentes com os custos de eventuais faltas de mercadorias, sendo a demanda o principal fator para a correta modelagem de estoque.

2.3.1 Modelo Geral de Estoque

Para Taha (2008), uma política de estoque responde às perguntas de quanto e quando pedir, tendo como base a minimização do Custo Total de Estoque (CTE), demonstrado pela equação (11):

$$CTE = c + K + h + p \quad (11)$$

Onde:

c – Custo de Compra/Produção: preço por unidade de um item de estoque;

K – Custo de Preparação: representa encargos fixos por ordem de compra emitida;

h – Custo de Estocagem: custo em manter uma mercadoria em estoque;

p – Custo de Falta: inclui multa, perda de receita e custos subjetivos pela falta de mercadoria no estoque.

Além desses custos Hillier e Lieberman (2013) ainda acrescentam os custos taxas de desconto, que leva em consideração a imobilização do capital financeiro em estoque, sendo que esse poderia apresentar um fator de desconto para a remuneração se fosse empregado de alguma outra forma. Segundo os autores, esse custo deve ser utilizado quando o horizonte de análise de estocagem é longo.

2.3.2 Definição da Demanda

Segundo Taha (2008), a demanda pode se apresentar de forma determinística ou probabilística. Para a sua classificação em uma dessas modalidades é necessário o cálculo da média, do desvio-padrão e do coeficiente de variação (V) do consumo em um determinado período de tempo, expressado pela equação (12) e, por fim, analisar os resultados de acordo com os seguintes parâmetros:

$$V = \frac{\text{Desvio padrão}}{\text{Média}} \times 100 \quad (12)$$

- Demanda Determinística: quando a demanda do período apresentar o $V < 20\%$, sendo a demanda igual à média do período;
- Demanda Probabilística: quando a demanda no período possuir o valor de $V > 20\%$;

Com relação às denominações e aos símbolos utilizados para cada variável, existe uma diferença entre Hillier e Lieberman (2013) quanto a Taha (2008), porém para simplificação e padronização é utilizada nesse trabalho a nomenclatura adotada por Taha (2008).

2.3.2.1 Demanda determinística constante

Tanto Hillier e Lieberman (2013) quanto Taha (2008) se reportam ao tema como modelo de lote econômico (LEC) (*economic-order-quantity* - EOQ), por apresentar uma maneira simples de representar o modelo com demanda estática.

Taha (2008) apresenta três subclassificações para explicar o conceito: clássico; com desconto por quantidade; e, com limitação de armazenagem. Sendo que em todos há a impossibilidade de ocorrer faltas de mercadorias.

Hillier e Lieberman (2013) também apresentam três subclassificações: básico – equivalente ao clássico de Taha (2008); com desconto por quantidade; e, com falta planejada de produto. Trabalham com o pressuposto da reposição de estoque acontecer de forma imediata ao pedido.

2.3.2.2 Modelo LEC

Tanto Taha (2008), quanto para Hillier e Lieberman (2013), o modelo clássico trabalha com o tamanho do pedido (y) as emissões e recebimentos ocorrem instantaneamente no momento de estoque igual a zero e o seu consumo é dado por uma taxa constante (D). Assim sendo, o ciclo de emissões de pedidos em unidades de tempo (t_0) é dado pela equação (13):

$$t_0 = \frac{y}{D} \quad (13)$$

Onde:

t_0 – Ciclo de emissões de pedidos em unidades de tempo;

y – Tamanho do pedido.

A equação (14) é o custo de compra por ciclo.

$$\text{Custo de Compra por Ciclo} = K + cD \quad (14)$$

Onde:

K – Custo de preparação associado com a emissão de um pedido (reais por pedido).

A equação (15) representa o custo de manutenção de estoque por ciclo.

$$\text{Custo de Manutenção de Estoque por Ciclo} = \frac{hy^2}{2D} \quad (15)$$

O custo total por unidade de tempo *total Cost per Unit Time* (TCU) é calculado através da soma das equações (14) e (15) e com a substituição apresentada pela equação (13), resultando na equação (16).

$$TCU_{(y)} = \frac{K+h\left(\frac{y}{2}\right)t_0}{t_0} = \frac{K}{\left(\frac{y}{D}\right)} + h\left(\frac{y}{2}\right) \quad (16)$$

Onde:

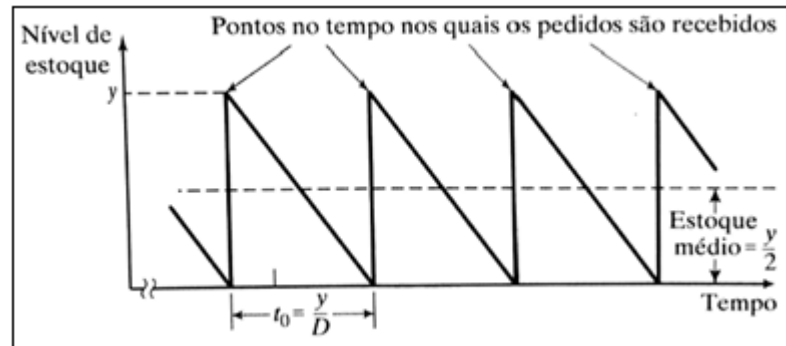
$\frac{y}{2}$ – Nível médio de estoque

K – Custo de preparação associado com a emissão de um pedido (reais por pedido);

h – Custo de estocagem (reais por unidade de estoque por unidade de tempo);

De acordo com Hillier e Lieberman (2013), a Figura 4 ilustra os conceitos apresentados pelo modelo LEC clássico, se encontra no eixo vertical o nível de estoque e no eixo horizontal o tempo.

Figura 4 - Padrão de estoque no modelo EOQ clássico



Fonte: Taha (2008)

Segundo Taha (2008) e Hillier e Lieberman (2013), a quantidade ótima de pedido (y^*) é determinada pela minimização de $TCU_{(y)}$ em função de y , considerando y contínua e é expressa através das equações (17) e (18):

$$\frac{dTCU_{(y)}}{dy} = \frac{KD}{y^2} + \frac{h}{2} = 0 \quad (17)$$

$$y^* = \sqrt{\frac{2KD}{h}} \quad (18)$$

Sendo assim, a equação (13) pode ser reescrita utilizando a equação (18) para obter o ciclo de emissões de pedidos em unidades de tempo ótimo, resultando na equação (19).

$$t_0^* = \frac{y^*}{D} \quad (19)$$

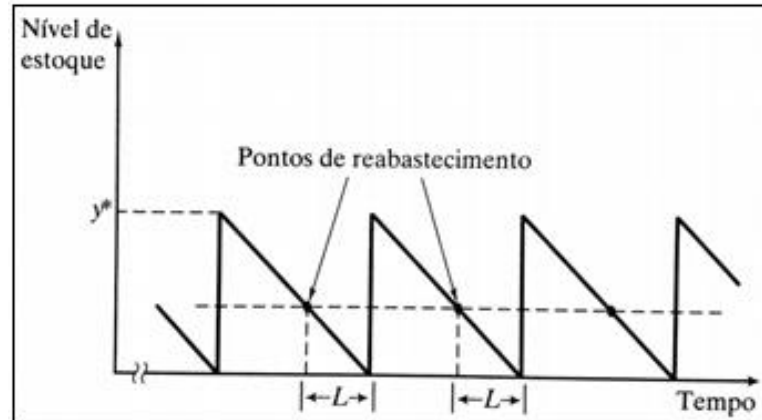
De acordo com Taha (2008) pode haver uma espera positiva (L) entre o tempo de emissão do pedido e o seu devido recebimento, sendo que o estoque deve ser reabastecido quando for inferior ao nível de estoque de reabastecimento, sendo calculado de acordo com a equação (20).

$$\text{Nível de Estoque de Reabastecimento} = L \cdot D \quad (20)$$

A Figura 5 apresenta no eixo vertical o nível de estoque sendo que o ponto apresentado é o tamanho do pedido ótimo. A linha tracejada representa o nível de

estoque de reabastecimento, indicando o momento em que o pedido deve ser efetuado, levando-se em consideração o tempo de espera positivo entre o pedido feito e a mercadoria entregue.

Figura 5 - Ponto de reabastecimento no modelo EOQ clássico



Fonte: Taha (2008, p.192)

Nas situações em que o tempo de espera é maior do que o ciclo de emissão de pedidos ($L > t_0^*$), Taha (2008) utiliza o tempo de espera efetivo (L_e) para calcular um novo ponto em que o estoque deve ser reabastecido, sendo esse novo tempo obtido através da junção das equações (21), (22) e (23).

$$L_e = L - nt_0^* \quad (21)$$

$$n \leq \frac{L^*}{t_0} \quad (22)$$

$$\text{Nível de Estoque de Reabastecimento} = L_e \cdot D \quad (23)$$

Onde:

n é o maior inteiro que não ultrapassa $\frac{L^*}{t_0}$.

2.3.2.3 Modelo LEC de desconto por quantidade

De acordo com Taha (2008), no modelo de desconto por quantidade ocorre uma redução no valor unitário do material se o tamanho do pedido, y , ultrapassar um determinado valor limite (q).

O custo unitário de um item agora depende da quantidade no lote. Particularmente, é fornecido incentivo para se fazer um pedido maior substituindo o caso unitário de uma quantidade pequena por um custo unitário menor para cada item em um lote maior e, talvez, por custos unitários ainda menores para lotes maiores ainda (HILLIER; LIEBERMAN, 2013, p. 804).

A equação (24) calcula o custo total por unidade de tempo caso haja um desconto por quantidade pedida.

$$TCU = \begin{cases} \frac{c_1 y}{t_0} = \frac{c_1 y}{\left(\frac{y}{D}\right)} = D c_1, y \leq q \\ \frac{c_2 y}{t_0} = \frac{c_2 y}{\left(\frac{y}{D}\right)} = D c_2, y > q \end{cases} \quad (24)$$

Onde:

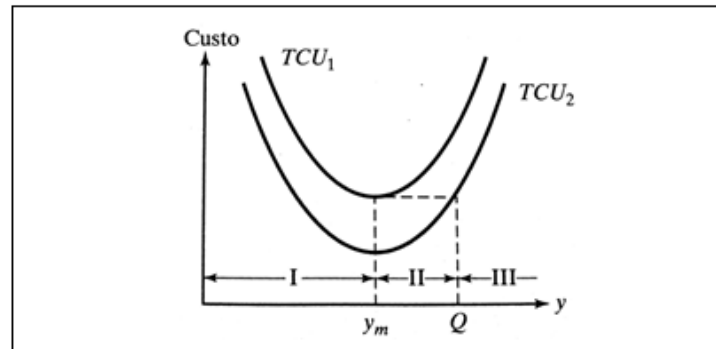
$$c = \begin{cases} c_1, \text{ se } y \leq q \\ c_2, \text{ se } y > q, c_1 > c_2 \end{cases}$$

c_1 é o valor do material antes do desconto por quantidade;

c_2 é o valor do material após o desconto por quantidade;

A Figura 6 representa a curva de custo por unidade de tempo para o valor unitário sem desconto (TCU_1) e para a situação que apresenta desconto por quantidade (TCU_2). No eixo vertical apresenta-se o custo e no eixo horizontal a quantidade do pedido.

Figura 6 - Função custo de estoque com desconto no preço por quantidade



Fonte: Taha (2008)

Aplicando a equação (17) em (24) obtemos a equação (25):

$$TCU_{(y)} = \begin{cases} TCU_1(y) = Dc_1 + \frac{KD}{y} + \frac{h}{2}y, y \leq q \\ TCU_2(y) = Dc_2 + \frac{KD}{y} + \frac{h}{2}y, y > q \end{cases} \quad (25)$$

De acordo com Taha (2008) e Hillier e Lieberman (2013), os mínimos de cada uma das duas funções devem coincidir em y_m , calculado pela equação (26), dado que as funções se diferem apenas por uma quantidade constante, sendo que a quantidade ótima de pedido depende do posicionamento do ponto de equilíbrio do preço (q) em relação às zonas I, II e III na Figura 6.

$$y_m = \sqrt{\frac{2KD}{h}} \quad (26)$$

O valor de Q , maior que y_m , é calculado pela equação (27):

$$TCU_2(Q) = TCU_1(y_m) \quad (27)$$

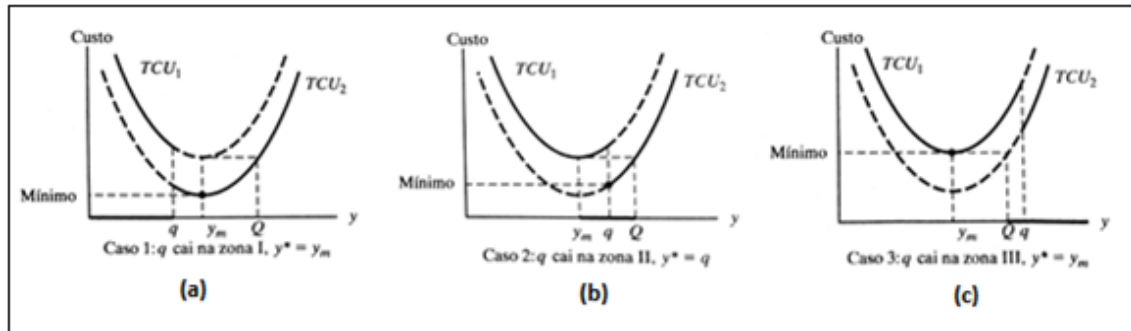
Substituindo $TCU_{2(y)}$ da equação (25) em (27), é obtido as equações (28) e (29):

$$c_2D + \frac{KD}{Q} + \frac{hQ}{2} = TCU_1(y_m) \quad (28)$$

$$Q^2 + \left(\frac{2(c_2D - TCU_1(y_m))}{h} \right) Q + \frac{2KD}{h} = 0 \quad (29)$$

Para Taha (2008) é necessário seguir os seguintes passos para a determinação da quantidade ótima desejada (y^*):

Figura 7 - Solução ótima para os problemas de estoque com desconto de preço por quantidade



Fonte: Taha (2008, p.194)

1º - Determinar y_m através da equação (26) e caso q estiver na zona I, Figura 7-a, tem-se que $y^* = y_m$;

2º - Caso q não se encontre na zona I é necessário calcular o valor de Q através da equação (29). Com o valor de Q e y_m é possível definir as regiões I, II e III. Se q estiver em III, Figura 7-c, então $y^* = y_m$, caso contrário, se q estiver na zona II, figura 7-b, $y^* = q$.

2.3.2.4 Demanda Probabilística

Nesse modelo, de acordo com Taha (2008), passa a existir a possibilidade de falta de material no estoque durante o tempo de espera (L), desde que não ultrapasse um valor definido previamente. A probabilidade utilizada para determinar o tamanho do estoque de segurança (B) é dada pela equação (30).

$$P\{x_L \geq B + \mu_L\} \leq \alpha \quad (30)$$

x_L pode ser convertida em uma variável aleatória padrão $N(0,1)$ através da equação (31):

$$z = \frac{x_L - \mu_L}{\sigma_L} \quad (31)$$

Modificando assim a equação (30) resulta a equação (32).

$$P = \left\{ z \geq \frac{B}{\sigma_L} \right\} \leq \alpha \quad (32)$$

Podendo ser reescrita pela equação (33):

$$P = \{z \geq K_\alpha\} = \alpha \quad (33)$$

Satisfazendo:

$$B \geq \sigma_L K_\alpha$$

Onde:

L = tempo de espera entre a emissão do pedido e a entrega do material;

x_L = variável aleatória que representa a demanda durante o tempo de espera;

μ_L = demanda média durante o tempo de espera;

σ_L = desvio-padrão da demanda durante o tempo de espera;

B = tamanho do estoque de segurança;

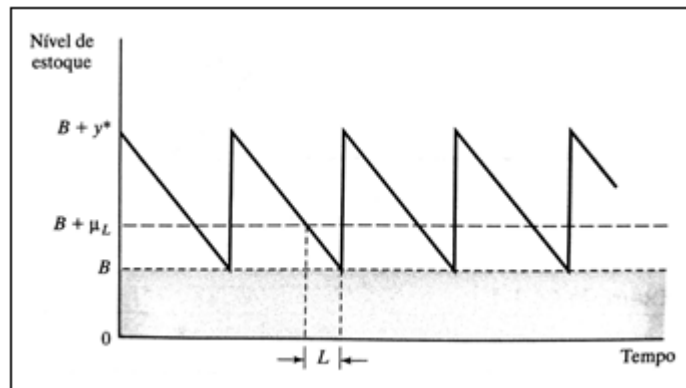
α = máxima probabilidade admissível de ficar com falta de estoque durante o tempo de espera;

K_α = é parâmetro padronizado do erro do tipo I

Taha (2008) ressalta que a principal premissa do modelo é o fato da demanda (x_L), durante o tempo de espera, apresenta uma distribuição normal com média μ_L e desvio-padrão σ_L , $N(\mu_L, \sigma_L^2)$.

A Figura 8 representa o mesmo gráfico dente de serra do modelo LEC clássico, utilizando o estoque de segurança e a demanda média do tempo de espera.

Figura 8 - Estoque de segurança sobreposto ao modelo LEC clássico



Fonte: Taha (2008)

As equações (34) e (35) apresentam a demanda média e o desvio-padrão.

$$\mu_L = DL \quad (34)$$

$$\sigma_L = \sqrt{\sigma^2 L} \quad (35)$$

A demanda média e o desvio-padrão da demanda durante o tempo de espera são calculados levando em consideração que a demanda por unidade de tempo é normalmente distribuída com média D e desvio-padrão σ , onde L necessita apresentar um valor inteiro.

2.3.3 Estoque Cíclico

De acordo com Chopra e Meindl (2013), estoque cíclico é o estoque médio em uma cadeia de suprimentos oriunda da compra ou produção em lotes com tamanho superiores aos demandados. Valores baixos de estoque cíclico é o desejado, pois proporciona uma utilização menor do capital de giro da empresa com a aquisição de estoque. Quando a demanda é estável, o cálculo do estoque cíclico é dado pela equação (36) e o tempo médio de fluxo resultante do estoque cíclico (T.M.F) é dado pela equação (37), que significa o tempo médio que o produto fica em estoque até o seu consumo.

$$E.C = \frac{Q}{2} \quad (36)$$

$$T.M.F = \frac{E.C}{D} = \frac{Q}{2D} \quad (37)$$

Onde:

$E.C$ – Estoque Cíclico

Q – Tamanho do Lote Pedido

D – Demanda por unidade de tempo

$T.M.F$ – Tempo Médio de Fluxo Resultante do Estoque Cíclico

A principal função do estoque cíclico é a redução da soma dos custos gerados pela aquisição e estocagem do produto. Chopra e Meindl (2013) elencam os seguintes custos como sendo influenciados pelo tamanho do lote.

- Custo de Material ($C.D$): é o custo de aquisição do material, também por custo direto para (POZO, 2015);
- Custo de Pedido ($C.P$): são todos os custos que ocorrem quando se realiza um pedido de material, como por exemplo, custo administrativo, custo de transporte e custo de recebimento do pedido;
- Custo de Manutenção ($C.M$): é o custo relacionado a manter o produto em estoque em uma unidade de tempo, como por exemplo, custo de capital investido, custo de obsolescência e custo de utilização de espaço físico no estoque. A equação (38) apresenta o custo de manutenção em relação ao custo de material.

$$M = mC \quad (38)$$

Onde

M – é o custo de manutenção por unidade de material

m – é uma fração do custo unitário do produto relacionado ao custo de manutenção.

C – é o custo unitário do material

- Custo Total ($C.T$): é a soma dessas três categorias de custos que envolvem a aquisição e estocagem do material pela empresa, sendo representado pela equação (10) de (TUBINO, 2009).

$$C.T = C.M + C.S + C.H \quad (10)$$

Em seu livro, Chopra e Meindl (2013) demonstram algumas equações e passos dentro de dois cenários possíveis para alcançar o objetivo de reduzir o custo total do estoque cíclico, sendo o primeiro cenário o mais simples, porém trazendo a base das equações necessárias para alcançar o objetivo.

2.3.3.1 Dimensionamento de lote para um único produto:

Neste primeiro cenário ocorre somente o pedido e o seu dimensionamento para apenas um produto, sendo respeitados algumas premissas:

- Não há desconto no preço unitário para diferentes níveis de quantidade pedidos;

O custo de material ($C.D$) será igual ao custo unitário multiplicado pela demanda, representado pela equação (4) de (POZO, 2015).

- A demanda é estável e igual a D unidades por tempo;
- Não são permitidas faltas na demanda, ou seja, não pode haver falta de material que prejudique o cronograma de produção da empresa.

O número de pedidos (n) realizados durante o período deve ser suficiente para atender toda a demanda (D), e é obtido através da equação (6) apresentada por (TUBINO, 2009).

$$n = \frac{D}{Q} \quad (6)$$

- O tempo de reposição é fixo e inicialmente desprezado.

O custo de pedido ($C.P$) é dado pela equação (39), semelhante ao conceito de Custo de Preparação apresentada por Tubino (2009), porém substituindo a variável custo unitário do produto (A), pelo custo de realizar o pedido (S).

$$C.P = \left(\frac{D}{Q}\right) S = nS \quad (39)$$

Dado um tamanho de lote Q , o estoque médio (Q_m) é dado pela equação (9), também apresentada por Tubino (2009). O custo de manutenção por unidade de tempo ($C.M$) é dado pela equação (40).

$$Q_m = \left(\frac{Q}{2}\right) \quad (9)$$

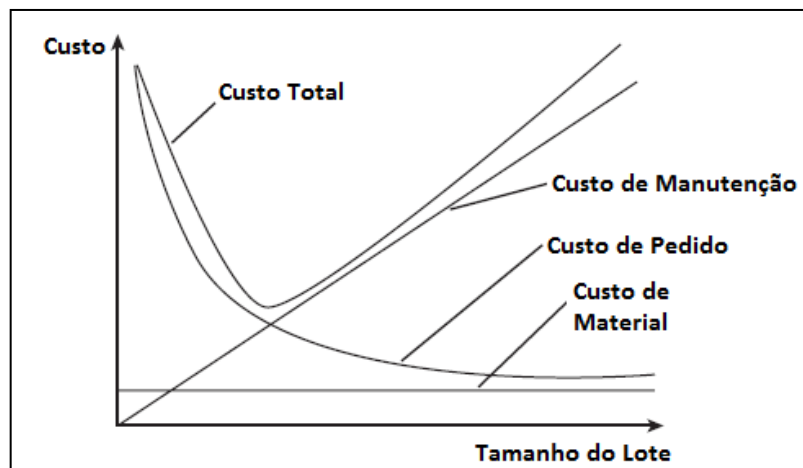
$$C.M = \left(\frac{Q}{2}\right) M = \left(\frac{Q}{2}\right) mC \quad (40)$$

Em posse das equações (4), (39) e (40) é possível reescrever a equação (10), resultando na equação (41).

$$C.T = C.D + \left(\frac{D}{Q}\right) S + \left(\frac{Q}{2}\right) mC \quad (41)$$

A Figura 9 demonstra a relação entre o tamanho do lote e a evolução dos custos.

Figura 9 - Efeito do Tamanho do Lote sobre o Custo Total



Fonte: Chopra e Meindl (2013)

Nota-se que o custo de material é constante, já que não incorre descontos por quantidade, o custo de pedido se reduz com o aumento do lote, já que esse custo é fixo por realização de pedido, ao se colocar mais unidades dentro de cada pedido, esse custo é dissolvido, o custo de manutenção cresce à medida que se aumenta o tamanho do lote, dado que mais unidades ficarão estocadas. Por fim é

possível perceber que o custo total inicialmente tem uma redução com o aumento do tamanho do lote, sendo que em determinado ponto essa relação se altera, passando a crescer junto com o aumento do tamanho de lote. Esse ponto de mudança de sentido da curva é o ponto mínimo e o objetivo da realização do estudo.

O tamanho ótimo do lote que minimiza o custo total é obtido através da primeira derivada da equação (41) em relação a Q , igualando-a a zero. O tamanho ótimo do lote (Q^*) é o Modelo de Lote Econômico (*LEC*) e é representado pela equação (42).

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{mC}} \quad (42)$$

Com a equação (42) é possível reescrever as equações do estoque cíclico (36) e do tempo médio de fluxo resultante do estoque cíclico (37), para as suas resultantes ótimas (43) e (44), respectivamente, ainda é possível obter a frequência ótima de pedido (n^*) atualizando a equação (6), obtendo a equação (45).

$$E.C^* = \frac{Q^*}{2} \quad (43)$$

$$T.M.F^* = \frac{Q^*}{2D} \quad (44)$$

$$n^* = \frac{D}{Q^*} = \sqrt{\frac{DmC}{2S}} \quad (45)$$

Ao final do cenário 01, Chopra e Meindl (2013) concluem que os custos de pedido e manutenção são relativamente estáveis próximos ao tamanho ótimo de lote, o que abre uma margem de manobra próxima a esse valor. Outra conclusão interessante é que ao aumentar a demanda por um fator k , o tamanho ótimo do lote, a frequência ótima de pedidos é aumentada por um fator \sqrt{k} e o tempo médio de fluxo resultante do estoque cíclico é reduzido pelo fator \sqrt{k} .

2.3.3.2 Dimensionamento de lote para diversos produtos

Este segundo cenário busca reunir vários produtos em um único pedido o que o torna eficaz na redução do estoque cíclico dado que o tamanho do lote por produto é reduzido e os custos de pedido agora são rateados para diversos produtos e não somente um único, como no cenário anterior.

O seu ponto negativo é o aumento do custo de manusear diversos produtos, frente a manusear somente um, sendo assim é um custo que deve ser investigado para verificar se é relevante o seu incremento no custo de pedido.

O objetivo do cenário 02 persiste em encontrar um tamanho de lote que minimize o custo total, para isso são estudados três modelos para a tomada de decisão com relação ao tamanho ótimo do lote.

2.3.3.3 Produtos pedidos de forma totalmente independente

Esse modelo não utiliza a agregação de pedidos, sendo semelhante ao cenário 01, somando-se o custo total de cada produto, chegando a um custo total agregado, o que geralmente ocasiona em custos mais elevados.

2.3.3.4 Diversos produtos por lote

Nesse modelo todos os produtos demandados são sempre incluídos no pedido, fazendo com que as equações para os custos sofram algumas alterações.

O custo de material é a aplicação da equação (4) para cada um dos i produtos incluídos no lote, e é dado pela equação (46).

$$C.D = \sum_{i=1}^k C_i D_i \quad (46)$$

O Custo de Pedido passa a ser descrito pela equação (47).

$$C.P = nS^* \quad (47)$$

Sendo que S^* é o custo combinado do pedido entre diversos produtos, e é encontrado através da equação (48).

$$S^* = S + \sum_{i=1}^k S_i \quad (48)$$

Onde:

S – é o custo de se realizar um pedido;

S_i – é o custo adicional do pedido que é acrescido quando o produto i é incluído;

k – quantidade de itens consolidados em um único pedido.

Nesse modelo o importante encontrar a frequência ótima de pedidos (n^*), sendo assim, o novo custo de manutenção é definido pela equação (49),

$$C.M^* = \sum_{i=1}^k \frac{D_i m C_i}{2n} \quad (49)$$

O novo custo total é dado pela equação (50).

$$C.T = nS^* + \sum_{i=1}^k \frac{D_i m C_i}{2n} + \sum_{i=1}^k C_i D_i \quad (50)$$

A frequência ótima de pedido minimiza o custo total do estoque cíclico e é obtido tomando a primeira derivada do custo total em relação ao n e igualando-a a zero, resultando na equação (51).

$$n^* = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k D_i m C_i}{2S^*}} \quad (51)$$

O tamanho do lote é dado pela equação (52).

$$Q = \frac{D_i}{n^*} \quad (52)$$

2.3.3.5 Agregação de lotes sob medida

Nesse modelo existe uma análise para definir a frequência com que cada produto é entregue, ou seja, nem todos os produtos são entregues em todos os pedidos. Para realizar essa análise é necessário seguir cinco etapas:

Etapa 01: Essa etapa consiste em identificar qual o pedido é mais frequentemente demandado, partindo do pressuposto que cada produto é pedido de forma independente. A realização dessa etapa consiste utilizar para cada produto uma variação da equação (45), onde é incrementado o componente custo adicional do pedido (S_i) no custo do pedido resultando na equação (53).

$$\bar{n}_i = \sqrt{\frac{D_i m C_i}{2(S+S_i)}} \quad (53)$$

O produto que apresentar maior valor de \bar{n}_i , denotado por i^* , é o produto que deverá ser incluído em todos os pedidos realizados. Nesse modelo, o produto i^* concentra todo o custo de pedido (S).

Etapa 02: para todos os produtos $i \neq i^*$ é necessário realizar um novo cálculo para a frequência do pedido através da equação (54).

$$\bar{\bar{n}}_i = \sqrt{\frac{C_i m D_i}{2s_i}} \quad (54)$$

Onde:

$\bar{\bar{n}}_i$ = representa a frequência de pedido desejada se o produto i incorre no custo fixo específico do produto s_i apenas cada vez que é pedido.

Etapa 03: nessa etapa é definido em qual pedido cada um dos $i \neq i^*$ pode ser incluído, sendo a frequência com que o pedido i é incluído denotado por h_i , e calculado através da equação (55).

$$h_i = \left[\bar{n}_i / \bar{\bar{n}}_i \right]^1 \quad (55)$$

O produto i é incluído no pedido junto ao produto i^* a cada h_i pedidos. Dado que o produto i^* está presente em todos os pedidos $h_{i^*} = 1$.

¹O operador matemático [] é a operação que arredonda uma fração para o número inteiro mais próximo.

Etapa 04: Recalcula-se a frequência de pedidos de i^* com o auxílio da equação (56).

$$n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^l mC_i h_i D_i}{2\left(S + \sum_{i=1}^l \frac{s_i}{h_i}\right)}} \quad (56)$$

O valor encontrado pela equação (56) é melhor para i^* do que o valor encontrado pela equação (53) já que em n é levado em consideração o fato de que cada produto i está presente a cada m_i pedidos.

Etapa 05: Para cada produto é necessário recalculer a frequência de pedido (n_i) através da equação (57), e o custo total dessa política de pedidos, equação (58).

$$n_i = \frac{n}{h_i} \quad (57)$$

$$TC = nS + \sum_{i=1}^l n_i s_i + \sum_{i=1}^l \left(\frac{D_i}{2n_i}\right) mC_i \quad (58)$$

Esse modelo resulta em produtos com maior demanda sendo pedidos com uma frequência maior do que os produtos com demandas inferiores. Esse modelo apresenta uma complexidade muito maior que o modelo de diversos produtos por lote. Sua eficácia é mais perceptível em situações o custo de pedido específico (S_i) é mais elevado.

Para Chopra e Meindl (2013), a chave na redução do estoque cíclico está em conseguir reduzir o tamanho do lote pedido.

2.4. REVISÃO DE ARTIGOS

O quadro 1 apresenta um breve comparativo de artigos que apresentam similaridade com o presente trabalho.

Sendo a primeira coluna um número de referência para facilitar a análise posterior, a segunda coluna é o ano de publicação dos artigos, a terceira coluna compreende os autores dos artigos e na quarta os seus respectivos títulos. A coluna cinco refere-se aos métodos de análise que cada artigo utilizou, a sexta coluna é um breve resumo das contribuições que os artigos apresentam e, por fim, a última coluna apresenta o setor em que o artigo realizou análise.

Quadro 1 - Comparação de artigos

Artigo	Ano	Autores	Títulos	Método utilizado	Contribuições	Setor
1	2009	MikkoKärkkäinen Timo Ala-Risku KaryFrämling et al	Implementando a transparência do inventário em locais de armazenamento temporário	Método adaptado de rastreamento de remessas.	O gerenciamento de inventário baseado em rastreamento oferece melhor suporte para a instalação do projeto do que o gerenciamento convencional de inventário baseado em contas para SKUs	Logística
2	2003	OyvindHalskau	EOQ modelos de pagamento adiado de mercadorias armazenadas	Usa dos métodos <i>AverageCost(AC)</i> e <i>PresentValue as a Criterion (PVC)</i> para cálculo de custo de manutenção de estoque, através do pagamento tardio dos materiais	Mostra que o método de pagamento tardio aos fornecedores altera os valores de custo de manutenção, porém essa medida mostra-se útil no sistema americano de financiamentos, em modelos brasileiros como SAC não se tem certeza do mesmo resultado	Gestão de estoque
3	2016	Asif Salam FarhadPanahifar P.J. Byrne	Níveis de serviço da cadeia de suprimentos de varejo: o papel do armazenamento de inventário	Utilizou da análise de variância ANOVA em um centro de destruição de produtos não perecíveis	Examinar a tensão entre o estoque de cadeias e os níveis de serviço; reduzindo o custo de manutenção de estoque e tornar o processo de tomada de decisão gerencial mais eficiente e eficaz. Ajudou a otimizar as transações com fornecedores e clientes e, finalmente, reduziu o estoque sem valor agregado da cadeia de suprimentos	Gestão de estoque e nível de serviço
4	2010	Sander de Leeuw Matthias Holweg Geoff Williams	O impacto do controle descentralizado no estoque no nível da empresa	Levantamento de dados através de entrevistas aos gerentes das revendedoras. Utilizando métodos quantitativos para chegar a conclusão.	Apresenta que as indústrias dos setores automotivos, ainda mantem o sistema de gerenciamento de estoques, desde Henry Ford, onde o estoque se dá por previsão, o que gera uma perda de controle sobre o preço do produto ao longo do tempo.	Gerenciamento de estoque.
5	2017	Amir Hossein Niknamfar Seyed Armin AkhavanNiaki; MarziyehKarimi	Um sistema de alocação verde em série com redundância de inventário paralelo usando uma abordagem de max-min através do método de ponto interior	Problema de alocação de redundância (RAP) Abordagem max-min associada ao método de solução do ponto interior	A vantagem de usar a abordagem proposta é gerar oportunidades adicionais e relação custo-benefício para negócios e empresas que operam utilizando a cadeia de suprimentos ecológica sob um modelo de inventário.	Cadeia de suprimentos verde
6	2006	Antônio Marcos dos Santos Iana Araújo Rodrigues	Controle de estoque de materiais com diferentes padrões de demanda: estudo de caso em uma indústria química	ABC Estoque de Segurança Nível de reabastecimento	Controle de estoques objetivando a otimização dos estoques da empresa de médio porte que possui uma extensa variedade de matérias-primas e produtos acabados a pronta-entrega, de alta substituição e os espaços de armazenagem são limitados.	Nível de estoque
7	2008	Miguel Cezar	Análise comparativa	Just In Time	Analisa o efeito da alteração de previsibilidade e da	Gestão de

		Santoro; Gilberto Freire	entre modelos de estoque	Estoque de Segurança	consideração de quantidades mínimas de compra no modelo ativo no desempenho relativo dos modelos.	estoque
8	1997	John M. Charnes Howard Marmorstein Walter Zinn	Determinação do estoque de segurança em um sistema de estoque de revisão periódica, com demanda correlacionada em série	Reposição periódica	A demanda auto correlacionada pode exercer um efeito importante no nível de estoque para uma empresa que utiliza um sistema de reabastecimento de estoque com revisões periódicas.	Gestão de estoque
9	2010	Hobed Rosa; Sergio Fernando Mayerle; Mirian BussGonçalves	Controle de estoque por revisão contínua e revisão periódica: uma análise comparativa utilizando simulação	LEC Estoque Médio Custo Total	A importância, do ponto de vista de estoque médio e custo total, de se trabalhar com fornecedores que garantam prazos de entrega confiáveis quando o LEC é adotado como política de reposição.	Gestão de estoque
10	2005	Elthon Wanderley Pimente Janaina Ferreira Marques de Melo Jucelândia Nascimento de Oliveira	Planejamento e Controle da Produção e a Gestão de Estoques – um Estudo de Caso em uma Metalúrgica Paraibana	Sugere os métodos de Modelos de Lote Econômico e Modelos de Revisão Periódica	O trabalho trata de uma empresa não tem um sistema de gerenciamento de estoque, assim ele busca indicar métodos de gerenciamento para que se possa ter um controle eficiente das matérias primas da indústria.	Gestão de estoque e planejamento e controle da produção
11	2019	Amanda Gondim de Oliveira	Proposta de um sistema de informação para a gestão de inventário e o direcionamento das campanhas de coleta de sangue	Foi criado um sistema para gerir, o banco de sangue disponível, esta gestão funciona através das entradas e saídas de diversos tipos de sangue.	Propõe um sistema para gerenciar os níveis de estoque de produtos nos bancos de sangue e direcionar as campanhas de coleta, de forma a maximizar o atendimento à demanda e minimizar o descarte em função dos prazos de validade dos produtos.	Gestão de estoque
12	2012	Peter Wanke	Quadro conceitual para gestão de estoques: ênfase nos itens	Utiliza do conceito de Baixíssimo consumo de Tavares e Almeida (1983) e utiliza da Distribuição gama e Distribuição Poisson para controle destes itens de baixíssimo consumo	Este artigo avalia a premissa da aderência da demanda à distribuição Normal em modelos de gestão de estoque, mostrando que tal consideração pode trazer distorções significativas no caso dos itens de baixo e baixíssimo consumo.	Gestão de estoque para itens de baixíssimo consumo.

Fonte: Elaboração Própria (2020)

Os artigos 1, 3, 4, 5, 7, 11 e 12 do Quadro 1 apresentam diferentes abordagens entre si, com o objetivo de comprovar a importância do gerenciamento de estoque e inventários, independentemente do setor atuante, corroborando a importância e necessidade do gerenciamento de estoques.

O artigo dois transcreve sobre as formas de pagamento aos fornecedores e sua influência sobre os custos de manutenção de estoque, demonstrando a utilidade em analisar as quantidades pedidas, assim como as suas formas de pagamento e preços praticados.

Os artigos 6, 9 e 10 tratam do gerenciamento de estoque com métodos iguais aos propostos nesse presente artigo, sendo eles: estoque de segurança; nível de reabastecimento; LEC; estoque médio; custo total e modelo de reposição periódica. Esse fato demonstra que a abordagem utilizada é amplamente empregada e apresenta resultados bastante satisfatórios.

O artigo oito apresenta um estudo sobre a auto-correlação entre as demandas por produtos, algo de grande importância para o presente artigo já que dentro da empresa objeto de estudo, os produtos analisados são demandados de acordo com uma determinada relação entre si.

Sendo assim, com a análise dos artigos presentes no Quadro 1 foi possível perceber que as ferramentas, métodos e objetos de pesquisa aqui propostos estão alinhados com os objetivos propostos.

2.5. CONCEITOS ESTATÍSTICOS

Neste tópico é apresentado o conceito estatístico necessário para a elaboração do resultado final do presente trabalho.

2.5.1 Desvio Padrão

De acordo com Anderson, Sweeney e Williams (2008) desvio padrão é a raiz quadrada positiva da medida de variabilidade de todos os dados analisados, baseando-se na diferença de valor de cada observação com relação à média, sendo

representado pela equação (59) quando os dados são populacionais e pela equação (60) quando os dados são amostrais.

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} \quad (59)$$

$$s = \sqrt{s^2} \quad (60)$$

Onde σ^2 é a variância da população e é representado pela equação (61) e s^2 é a variância da amostra e é demonstrado na equação (62).

$$\sigma^2 = \frac{\sum(x_i - \mu)^2}{N} \quad (61)$$

$$s^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (62)$$

Onde:

x_i – valor de cada observação;

μ - média populacional;

\bar{x} - média amostral;

N - tamanho da população;

n - tamanho da amostra.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo do trabalho foi descrito a classificação da pesquisa realizada no trabalho, uma explicação sobre o funcionamento operacional da empresa objeto de trabalho e quais são os procedimentos de coleta de dados.

3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

O presente trabalho tem sua natureza classificada como pesquisa aplicada, justificado pela aplicação de conceitos e teorias em uma empresa real que se encontra em plena operação e disponibiliza dados reais.

O trabalho apresenta um caráter predominantemente quantitativo, já que as variáveis de maior impacto para definição da conclusão do trabalho apresentam mensuração quantitativa discreta, como é o caso do nível de estoque, dos valores monetários unitários, custos de operação e estocagem. A análise dos dados realizada através de fórmulas matemáticas e funções objetivo de minimização, o que corrobora o caráter quantitativo.

Trata-se de um estudo de caso onde ocorreu a utilização de conceitos teóricos para gerar análises e conclusões sobre os dados levantados sobre a referida empresa.

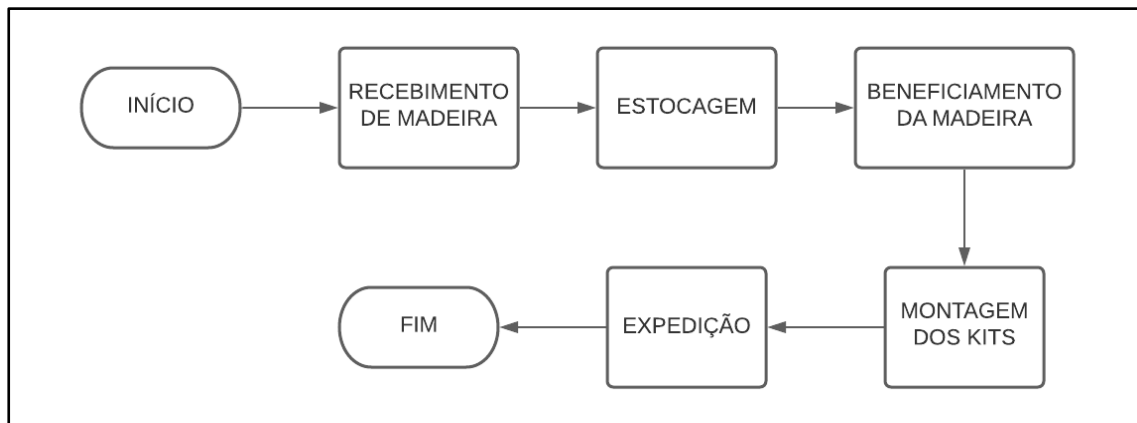
E por fim, pode ser classificada como uma pesquisa com objetivo exploratório dado que se trata de um estudo de caso busca-se tornar mais evidente a necessidade de se possuir uma efetiva gestão de estoque.

3.2. AMBIENTE DE COLETA DE DADOS

O ambiente onde é produzido este estudo se refere a uma fábrica de kits para urnas funerárias instalada na região dos Campos Gerais no Paraná. Esta fábrica é de pequeno porte, sendo considerada uma empresa familiar.

As atividades realizadas na unidade fabril em questão são representadas pela Figura 10.

Figura 10 -Fluxograma das Atividades realizadas



Fonte: Autoria Própria

O processo de produção dos kits de urnas funerárias, de forma reduzida, segue a seguinte ordem:

- **Recebimento de Madeira:** Nesta etapa ao chegar um caminhão carregado com madeira na fábrica é realizada uma conferência visual sobre o produto e iniciado o seu descarregamento;
- **Estocagem:** A madeira fica estocada em local específico até que seja demandada pela linha de produção;
- **Beneficiamento da madeira:** A madeira passa pelos seguintes processos de produção: destopar, plainar, emendar, lixar, emassar, grampear, e cortar, finalizando com o referido kit para urna funerária;
- **Montagem dos kits:** Cada caixão demanda de seis partes para o casco e seis partes para a tampa, sendo assim, cada uma dessas partes são enfardadas em fardos de 20 peças;
- **Expedição:** De acordo com cada pedido, é carregado no caminhão uma quantidade de fardos das dozes peças necessários para atender a demanda solicitada.

Realizado o entendimento das etapas de processo da empresa, o próximo passo é o levantamento dos dados.

3.3. PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS

A primeira etapa do presente trabalho foi o levantamento da problemática e definição do objetivo geral e dos objetivos específicos.

Na sequência foi definida a empresa objeto de pesquisa e realizada uma revisão de literatura das ferramentas e teorias necessárias para se elaborar a metodologia para atingir o objetivo geral e os específicos.

A próxima etapa é o entendimento de como funciona a execução das atividades necessárias para que ocorra a gestão de estoque.

Todo o processo começa com o recebimento de pedidos de kits por parte dos clientes. Uma vez recebido o pedido é verificada a sua urgência, pois dependendo da situação é necessário à realização da pronta entrega, nos demais casos, o pedido é passado ao setor de produção através de uma ordem de produção.

O setor de produção realiza o beneficiamento da madeira e a montagem dos kits, a partir do consumo de material estocado no estoque de matéria prima, o que reduz a quantidade de material estocado.

O setor de estoque realiza a gestão de dois estoques, o de matéria prima e o de insumos, sendo responsável pelo recebimento, armazenamento da matéria prima e insumos de produção comprados, e fornecendo matérias primas e insumos à fábrica. Quando os níveis de estoque chegam a um ponto baixo é entrado em contato com os fornecedores para a realização da compra.

Os kits montados são destinados ao setor de expedição, onde irão aguardar até que tenha a quantidade solicitada pelo cliente e então será despachado.

Com um entendimento base de como funciona os processos ligados a gestão dos estoques, é necessário a realização do levantamento de dados, disponíveis nas planilhas e nos sistemas de gestão. Os dados estão dispostos em uma série histórica com periodicidade mensal. As planilhas também apresentam dados referentes a 52 meses de operação o que garante uma confiabilidade maior as estatísticas geradas.

A base de dados históricos para a realização deste trabalho se inicia em setembro de 2016 e finaliza em dezembro de 2020, totalizando cinquenta e dois períodos de análise.

Para levantamento dos dados de custos de manutenção e compra de materiais, foram utilizadas informações dos setores de estoque e realizado contato com o fornecedor de materiais.

3.4. PROCESSAMENTO DOS DADOS

Em posse dos dados de demanda de kits para urnas funerárias, o primeiro procedimento foi a obtenção da demanda por tábuas de pinus em cada um dos meses analisados, através da lógica apresentada pela Tabela 2.

Tabela 2 - Dados referentes ao LEC.

DEMANDA DE TÁBUA PARA UM KIT DE URNA FUNERÁRIA

Modelo de tábua	1	2	3	4
Quantidade de tábua	8	2,5	5,5	2

Fonte: Autoria Própria.

A Tabela 2 mostra que para produzir um kit de urna funerária são necessárias oito tábuas do modelo 1, duas tábuas e meia do modelo 2, cinco tábuas e meia do modelo 3 e duas tábuas do modelo 4.

Na sequência, através dos dados de despesas operacionais como: custo com materiais de escritório; salários; encargos; entre outros, foi calculado o Custo por Pedido (S) mensal. Após, foram levantados junto à empresa, à quantidade de pedidos realizados (N) pelo setor, e calculado o custo por pedido (A) através da equação (5).

O custo de manutenção foi obtido através do levantamento dos custos que envolvem o setor de estoque, entre eles: salários; encargos; luz; água; custo com materiais; despesas com equipamentos; depreciação; e, manutenção dos imobilizados. Em posse desses valores foi contabilizado o valor das mercadorias presentes no estoque, e transformado em uma fração que corresponde ao custo de manutenção.

O Custo de Transporte foi determinado através de simulações com o modal rodoviário, com base na resolução N° 5.923 da Agência Nacional dos Transportes Terrestres (ANTT) publicada no dia 18 de janeiro de 2021, Anexo B, onde se obtêm

os valores referentes ao custo operacional (custo de carga e descarga (CC) e o custo de deslocamento por quilometro rodado (CCD). Esses dois custos acrescidos do custo com pedágio, e o custo com combustível resulta no Custo Total de Transporte por modelo de caminhão ($C.t$), equação (66).

$$C.t = CC + (CCD * km) + \text{Custo de pedágio} + \text{Custo com combustível} \quad (66)$$

Os custos com pedágio foram levantados juntos ao site QUALP (2020) para o trajeto entre a indústria fornecedora de materiais e a indústria objeto do atual estudo.

Por se tratar do modal rodoviário por caminhão, foi necessário levar em consideração o peso da carga, pois influencia na capacidade de carregamento do caminhão, e a cubagem, que consiste na limitação do espaço físico disponível para o transporte.

Para determinar a utilização do espaço físico se faz necessário conhecer algumas características do material a ser transportado, sendo elas: dimensões físicas; peso; possibilidade e capacidade de empilhamento.

Também é necessário levar em consideração a resolução CONTRAN n° 210/06, onde especifica a autorização da circulação de veículos de carga com até 4,4 metros de altura. Essas limitações acabam por restringir a capacidade de carga do caminhão antes de atingir o limite máximo de peso suportado, logo, no presente cálculo do custo de transporte a restrição a ser respeitada foi a cubagem caminhão.

Para a realização deste trabalho utilizou-se o modelo que parte da lógica que o custo de transporte está em função do lote econômico. Este modelo é subdividido nos três modelos propostos por Chopra e Meindl (2013).

Com o custo de transporte variando de acordo com o tamanho do lote econômico. Neste modelo, calcula-se o tamanho do lote econômico, que gera uma necessidade de capacidade de carga que deve ser inteiramente satisfeita pela quantidade de caminhões, o que acarreta em um custo de transporte dependente do tamanho do lote econômico.

Com a capacidade de carga dos caminhões definida, é possível estabelecer o modelo de simulação por programação linear para identificar o custo de transporte. Para estabelecer o modelo, o primeiro passo é identificar a função objetivo da simulação: redução do custo de transporte. Este objetivo pode ser representado por

uma função do tipo minimização onde abrange o custo com transporte de cada tipo de caminhão com relação a todos os tipos de materiais.

A função objetivo é igual para os três modelos de Chopra e Meindl (2013), ocorrendo uma mudança nas restrições do primeiro modelo para o segundo e terceiro modelo, dado que nesses dois últimos é possível o carregamento de mais de um tipo de matéria prima por caminhão, faz-se necessário realizar a análise da restrição sobre a soma das quantidades exigidas pelo LEC de cada um dos modelos de materiais.

Com a função objetivo estabelecida, o próximo passo consiste em elaborar as restrições com relação ao LEC e a capacidade de carga dos caminhões. Para o modelo onde os produtos são pedidos e entregues de forma independente, as duas restrições são: a quantidade total de paletes transportada pelos caminhões deve ser maior ou igual à quantidade de paletes exigido pelo LEC; e, a capacidade de transporte (pesos e cubagem) dos caminhões deve ser maior ou igual à quantidade de material exigida pelo LEC. A representação matemática da função objetivo e das restrições estão demonstradas no Quadro 2.

Quadro 2 -Representação matemática da Função Objetivo e Restrições para produtos em relação ao LEC

Função Objetivo - Minimização de Custo de transporte	$Custo\ de\ Transporte = \sum_{j=1}^3 \left(C.t_j * \sum_{i=1}^4 X_{ij} \right)$
Restrição 1 - Número de paletes	$\sum_{i=1}^4 \left(\sum_{j=1}^3 X_{ij} * (P_j) \right) \geq P.LEC_i$
Restrição 2 - Capacidade de peso de carga	$\sum_{i=1}^4 \left(\sum_{j=1}^3 X_{ij} * (K_j) \right) \geq K_i LEC_i$
Restrição 3 - Capacidade de volume de carga	$\sum_{i=1}^4 \left(\sum_{j=1}^3 X_{ij} * (V_j) \right) \geq V_i LEC_i$

Fonte: Autoria Própria.

A Tabela 3 apresenta de forma explicativa o lote econômico de compra (LEC ou Q) para cada um dos quatro modelos de matéria-prima, o peso máximo que o palete de cada linha suporta e o número de paletes necessários para atender todo o

LEC da respectiva linha. A equação (67) apresenta o número de paletes exigidos pelo LEC.

Sendo:

$$P.LEC_i = LEC_i / \text{Peso Máximo por paleta}_i \quad (67)$$

$$\begin{cases} 1 \leq i \leq 4 \\ 1 \leq j \leq 3 \end{cases} \text{ tipo inteiras}$$

Tabela 3: Dados referentes ao LEC e Pallets

Material	LEC (obtido pelos modelos) [kg]	Peso máximo por paleta [kg]	n° de paletes do LEC
1	LEC ₁	PESO ₁	P.LEC ₁
2	LEC ₂	PESO ₂	P.LEC ₂
3	LEC ₃	PESO ₃	P.LEC ₃
4	LEC ₄	PESO ₄	P.LEC ₄

Fonte: Autoria Própria.

Onde:

X_{ij} - Quantidade de caminhões do modelo 'j' transportando o produto 'i';

P_j - Quantidade total de paletes suportada pelo modelo de caminhão 'j';

K_j - Capacidade de total de carga do modelo de caminhão 'j';

V_j - Volume de total de carga do modelo de caminhão 'j';

$P.LEC_i$ - Número total de paletes do LEC referente ao material 'i'.²

$K_i LEC_i$ - Peso total do LEC referente ao material 'i'.

$V_i LEC_i$ - Volume total do LEC referente ao material 'i'.

O custo de transporte para atender o LEC_i é obtido através do somatório da multiplicação do custo de transporte para cada modelo de caminhão pela quantidade necessária para cada um desses modelos, equação (68).

$$C.LEC_i = \sum_{j=1}^4 (C.t_j * X_{ij}) \quad (68)$$

Ao multiplicar o custo de transporte para atender o LEC_i pela quantidade que esse pedido será realizado obtêm-se o custo de transporte da linha (C.t_i), equação

² Valor arredondado para cima.

(69). Ao somar todas as linhas de produção, obtêm-se o Custo Total de Transporte ($C.T$) para todos os materiais, que é dado pela equação (70).

$$C.t_i = n_i * C.LEC_i \quad (69)$$

$$C.T = \sum_{i=1}^4 (C.t_i) \quad (70)$$

Em todos os três modelos de Chopra e Meindl (2013) a demanda (D), custo unitário (C), custo de compra (S) e taxa de manutenção (m) permanecem inalterados, sendo a base para os demais cálculos subsequentes.

Analisando primeiramente dentro do macro modelo onde o custo de transporte varia de acordo com o tamanho do lote econômico, o modelo custo de estoque para pedidos independentes calcula o LEC, o estoque cíclico, frequência de pedido, custo do pedido, custo de manutenção e com a execução do modelo do custo de transporte para corresponder ao lote econômico, obtêm-se o custo de transporte, e finalmente o custo total.

Quanto ao modelo 'custo de estoque para lotes pedidos e entregues juntos' acrescenta-se a variável referente ao custo por pedido adicional (S^*). Ao trabalhar com quatro materiais diferentes é necessário considerar esse custo adicional de pedido, assim, são obtidos os valores referentes ao Lote Econômico de Compra, estoque de ciclo, frequência do pedido, custo do pedido, custo de manutenção e custo total.

No modelo de custo de estoque para tamanhos de lotes pedidos e entregues juntos para um subconjunto selecionado que varia por pedido as equações utilizadas são da equação (53) até a equação (58) para calcular o lote econômico de compra, estoque de ciclo, frequência do pedido, custo do pedido, custo de manutenção e o custo de transporte. Após é necessário realizar o nivelamento da frequência do número de pedidos de cada tipo de material.

Para fins de manter os dados da empresa sob sigilo, foram adicionados aos dados coletados diretamente da empresa um fator de correção, sendo que o valor desse fator só é conhecido pelos autores do presente trabalho e pelo responsável pela empresa objeto de estudo.

4 RESULTADOS E DESENVOLVIMENTO

Ao iniciar as visitas e com a obtenção dos dados necessários ao longo deste capítulo, são observados os cálculos realizados e os resultados encontrados.

4.1. IDENTIFICAÇÃO DO MATERIAL ALVO DO ESTUDO.

Para identificar os materiais a serem estudados se faz necessário entender o ciclo de produção dos kits de urna funerária, e assim concluir que as tábuas de pinus são as matérias primas da produção.

Atualmente a gestão de estoque acontece de forma visual, realizando a compra de matéria prima de acordo com a baixa do estoque em um nível que se supõe ser suficiente para atender a demanda do mês. A empresa estima um gasto médio mensal de aproximadamente R\$12.000,00, o que resulta em um gasto anual com o pedido, manutenção e transporte de aproximadamente R\$144.000,00.

4.2. LEVANTAMENTO DE DEMANDA.

Para a produção de um kit de urna funerária é necessária uma combinação de quatro modelos de tábuas de pinus, sendo essa diferença dada pelas especificações de largura, comprimento e espessura, apresentada pela Tabela 4.

Tabela 4: Tábua de pinus - medidas

Especificações	Material			
	1	2	3	4
Comprimento (m)	1,4	1,6	1,4	1,6
Largura (m)	0,14	0,14	0,15	0,15
Espessura (m)	0,02	0,02	0,015	0,015

Fonte: Autoria Própria.

A partir dos dados de demanda por kits de urnas funerárias para os 52 períodos de análise e utilizando-se da lógica apresentada pela Tabela 2, foram calculados a demanda para cada um dos quatro modelos de tábuas presentes no

processo de produção. O Anexo A apresenta os valores das demandas mensais de kits, e conseqüentemente a quantidade necessária de cada um dos materiais para a produção desses kits.

A Tabela 7 apresenta os valores, especificações e os custos de aquisição de cada tipo de material. O custo de aquisição não apresenta redução do custo conforme a quantidade de compra segundo o fornecedor, portanto o custo é dado por R\$ 550,00 o metro cubico.

Especificações	Material			
	1	2	3	4
Custo por m³	R\$ 550,00			
g/cm³	0,420	0,420	0,420	0,420
Peso (kg/TÁBUA)	1,65	1,88	1,32	1,51
Larg. Máx palete	1,3	1,3	1,3	1,3
Altura Máx palete	1,3	1,3	1,3	1,3
Tábua/paleta	585	585	688	688
M³/Paleta	2,29	2,62	2,17	2,48
kg/paleta	963,1	1100,7	910,2	1040,3
R\$/TÁBUA	R\$ 2,16	R\$ 2,46	R\$ 1,73	R\$ 1,98
R\$/pallet	R\$ 1.261,26	R\$ 1.441,44	R\$ 1.191,96	R\$ 1.362,24

Fonte: Autoria Própria.

Na Tabela 7 o custo de aquisição para cada tipo de material é encontrado na linha 'R\$/Tábua'.

4.3. DEFINIÇÃO DA DEMANDA

Ao realizar a análise da demanda dos materiais, os dados encontram-se no Anexo A, foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 6.

A definição da demanda é realizada para cada um dos materiais objeto de estudo. A linha da média mensal é a simples média aritmética dos 52 períodos de análise das demandas. A linha da média anual é a multiplicação da média mensal por doze meses. Para o cálculo do Desvio Padrão foram utilizadas as equações referentes ao desvio padrão amostral, sendo que os dados se referem a uma amostra dos dados da empresa. Na última linha da Tabela 6 encontra-se o valor do coeficiente de variação (V) calculado através da equação (12).

Tabela 6: Definição da demanda

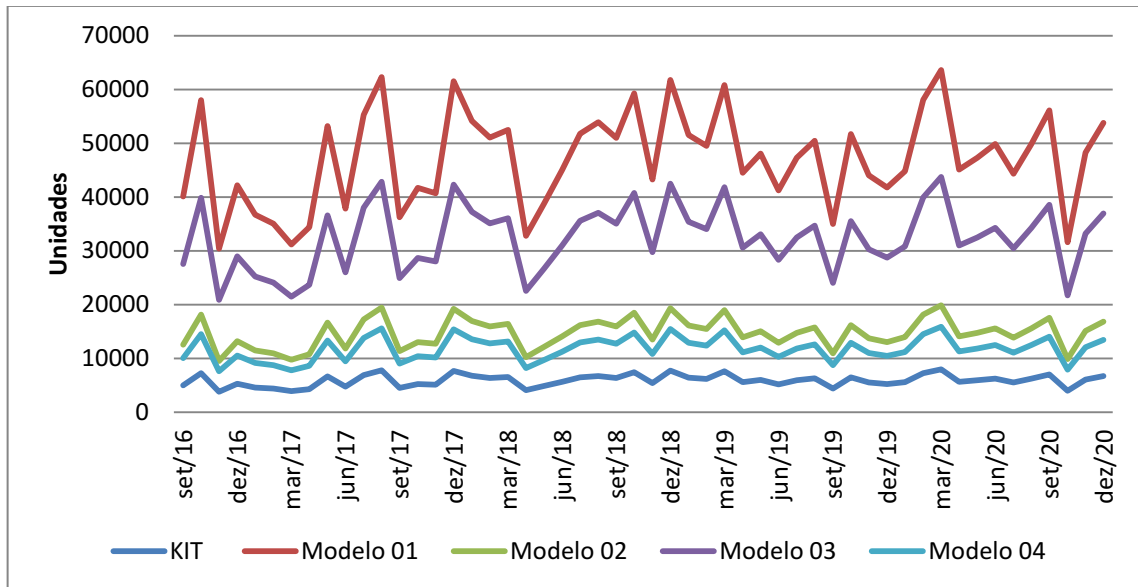
	Kit	Material (unidades)			
		1	2	3	4
Média mensal	5.890	47.122	14.725	32.396	11.780
Média anual	70.682	565.458	176.706	388.753	141.365
Desvio Padrão	1.115	8.917	2.787	6.131	2.229
V	18,92%	18,92%	18,92%	18,92%	18,92%

Fonte: Autoria Própria.

De acordo com Taha (2008) a demanda do produto se apresenta como determinística, pois todos os valores de V, inclusive os dos valores da demanda agregada por kits, encontram-se abaixo de 20%. Sendo assim, conclui-se que a média da demanda é um valor aproximado que serve para realizar os cálculos subsequentes.

O Gráfico 1 apresenta a demanda dos kits de urna funerária e dos quatro modelos de tábuas para os 52 períodos de análise.

Gráfico 1 - Demanda mensal de kit de urna funerária e seus quatro modelos de matérias-primas



Fonte: Autoria Própria.

Com o Gráfico 1 é possível notar que a demanda de kit de urna funerária, linha azul mais abaixo do gráfico, não apresenta uma variação no decorrer dos períodos, e além disso, é possível notar que as demandas dos quatro modelos de tábuas acompanham a demanda de kit, porém com a variação da escala do Gráfico 1, os valores dos modelos passam uma falsa ideia de variação.

4.4. ESTOQUE DE SEGURANÇA

Em posse dos valores referentes às demandas mensais (D), essas foram transformadas em demandas diárias para atender as exigências das equações (2) e (3).

O desvio padrão amostral (σ_D) da demanda é calculado através da variação da demanda ao longo do período estudado e é dividido por 30 para ter um desvio médio por dia.

O *lead time* (LT) de entrega do pedido é de aproximadamente 1 dia, esse período de espera pode variar em até 0,5 dia (σ_{LT}).

Com um nível de serviço utilizado de 95%, o fator de serviço (FS) referente corresponde a um valor de 1,645.

Com a utilização das equações (2) e (3), já que se trata de um caso onde o *Lead Time* de entrega pode variar, obtém-se o estoque de segurança, demonstrado na Tabela 7.

Tabela 7: Cálculo de estoque de segurança

	Unidade de medida	Modelo de Tábua			
		1	2	3	4
Demanda diária	Uni	1.571	491	1.080	393
Desvio Diário	Uni	297	93	204	74
<i>Lead Time</i>	Dias	1	1	1	1
Desvio <i>Lead Time</i>	Dias	0,5	0,5	0,5	0,5
Fator de Segurança		1,645	1,645	1,645	1,645
Estoque de Segurança	Uni	840	262	577	210

Fonte: Autoria Própria.

Com o valor de estoque de segurança definido, o próximo passo é a identificação dos custos envolvidos.

4.5. CUSTO DE PEDIDO

Para o levantamento do Custo de Pedido (*S*) junto ao setor de estoque foi necessários o levantamento de valores referentes às despesas do setor, dentre eles estão alguns exemplos: despesas operacionais; custo com materiais de escritório; salários; encargos; etc. Estes custos do setor são referentes à compra de matérias primas e insumos que são solicitados pela empresa.

O Custo de Pedido levantado junto à empresa é de R\$350,00 para cada pedido realizado. Quando tratamos do incremento de um pedido a lista de pedidos, é necessário um trabalho adicional de negociação e documentação, acarretando em um maior custo. Assim o custo do pedido extra (*S**) ficou definido em R\$50,00 por produto adicional.

Tanto o custo de pedido quanto o custo de pedido extra foram fornecidos pela base de dados da empresa objeto de estudo.

4.6. CUSTO DE MANUTENÇÃO

A determinação do custo de manutenção é dada através do levantamento dos custos que envolvem o setor de estoque. Entre os custos do setor estão salários, encargos, luz, água, segurança, acondicionamento de matéria prima, custo com materiais, despesas com equipamentos, depreciação e manutenção dos imobilizados, etc.

Estes custos apresentados são referentes aos estoques da empresa: sendo o estoque destinado a matéria prima, que detém características especiais de armazenagem, isso ocorre pois esse material ainda não foi beneficiado; também possui o estoque de insumos porém este não possui as mesmas proporções e características do outro estoque. Assim foi definido que o custo de estoque das matérias primas corresponderia a uma fração de 70% do custo de manutenção do estoque. Com essa fração resultante o custo de manutenção do estoque de produção em resultado com o valor de mercadorias em estoque, foi obtido um índice de 20% para o custo de manutenção (m).

4.7. CUSTO DE TRANSPORTE

O custo de transporte é o custo que ocorre toda vez que o material comprado se desloca do fornecedor até a indústria, e deve ser analisado com cautela por representar uma fatia significativa no custo final. Este custo tende a ter variáveis relacionadas ao tipo de carga, modal utilizado, nível de segurança e agilidade requeridos, entre outros fatores.

Para a solução deste trabalho foi considerado o modal já existente na empresa, rodoviário por meio de caminhões, sendo a variação do custo de transporte do material comprado dado pela capacidade do caminhão e o número de caminhões necessários para atender a demanda.

Para determinação do custo de transporte, além da quantidade de caminhões, levou-se em consideração o número de eixos por caminhão. Essa variável se faz necessária, pois o aumento do número de eixos, eleva a sua capacidade de carga e os seus custos, aumentando o valor total do custo de transporte desse caminhão. No presente trabalho foi levado em consideração caminhões que possuem de cinco a sete eixos, pois são os caminhões mais comuns e com maior disponibilidade para a indústria objeto de estudo.

4.7.1. SIMULAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO MODAL

Para o modal rodoviário por caminhões o material em análise no presente estudo possui limitações quanto ao peso, quantidade de empilhamento e volume por palete, e é demonstrado na Tabela 8.

As limitações quanto ao número de paletes, peso e capacidade volumétrica dependem do caminhão a ser utilizado. O atual fornecedor possui um caminhão de 5 eixos, porém para análise comparativa foram adicionados mais dois modelos de caminhão, com seis e sete eixos. As limitações de e especificações referentes a cada um desses três modelos de caminhões encontram-se na Tabela 9.

Tabela 8: Especificações por palete

Material	Distribuição por palete			
	Tábuas (uni)	Número de paletes empilhados (uni)	Peso máximo [kg]	Volume (m ³)
1	585	2	963	2,29
2	585	2	1100	2,62
3	688	2	910	2,17
4	688	2	1040	2,48

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 9: Dimensões e fator de cubagem por modelo de caminhão

Eixos	Peso carga [Kg]	Comprimento [m]	Largura [m]	Altura máxima [m]	Altura Adotada [m]	Capacidade Vol [m ³]	FC [Kg/m ³]
5	26.000	12,4	2,6	2,8	2,6	83,8	310,17

6	32.000	15	2,6	2,8	2,6	101,4	315,58
7	38.000	16	2,6	2,8	2,6	108,2	295,86

Fonte: Resolução CONTRAN nº 68 de 23/09/1998 (adaptado).

Para o cálculo da capacidade volumétrica e do fator de cubagem foi adotou-se um valor de altura da carga 2,6 metros, pois caso utiliza-se da altura total permitida, iria representar uma utilização de 2,15 paletes empilhados, ou seja, utilizaria um palete de material fracionado, o que não é disponibilizado pelo fornecedor.

A Tabela 10 representa o peso cubado dos materiais com relação a cada um dos modelos de caminhões.

Tabela 10: Comparação de peso do material por Peso cubado para cada modelo de caminhão

Especificações	Material			
	1	2	3	4
Kg/palete	963	1100	910	1040
5 – eixos	607	693	607	693
6 – eixos	747	853	747	853
7 – eixos	700	800	700	800

Fonte: Autoria Própria.

Com os resultados obtidos pela Tabela 10 é possível observar que o peso do material acaba sendo superior ao peso cubado para todos os materiais independente do modelo de caminhão utilizado. Isso significa que a restrição de transporte é principalmente o peso total da carga.

A Tabela 11 demonstra a capacidade de paletes que cada um dos três modelos de caminhões pode carregar de cada um dos quatro modelos de tábuas quando a carga for dedicada a um único modelo de produto.

Tabela 11: Capacidade de paletes e carga por tipo de caminhão

Características do Caminhão				Capacidade máxima de paletes			
Número de eixos	Capacidade de Carga [kg]	Comprimento da carreta	Largura da carreta	MODELO			
				1	2	3	4
5	26.000	12,4	2,6	32	28	32	28

6	32.000	15	2,6	40	36	40	36
7	38.000	16	2,6	44	40	44	40

Fonte: Resolução CONTRAN nº 68 de 23/09/1998 (adaptado).

Com base nos dados apresentados no Anexo B foi elaborado a Tabela 12, que apresenta os custos por tipo de transporte (*C.t*), equação (99), referente a cada tipo de caminhão.

Tabela 12: Custos totais de transporte

Eixos	Frete ANTT	Custo de deslocamento	Custo de carga e descarga	Custo de Pedágio + Combustível	Custo Total
5	R\$ 672,76	R\$ 396,06	R\$ 276,67	R\$ 280,52	R\$ 953,28
6	R\$ 757,24	R\$ 450,02	R\$ 307,22	R\$ 336,62	R\$ 1.093,86
7	R\$ 854,84	R\$ 497,10	R\$ 357,74	R\$ 380,49	R\$ 1.235,33

Fonte: Autoria Própria.

A distância entre a origem do material e o destino de entrega é de cento e vinte e um quilômetros, o que resultou na elaboração do custo de combustível e do valor do frete. Para compor o Custo total de transporte observou-se uma variação dos preços do custo do frete ofertado pela terceirizada de serviços de transporte e da Resolução nº 5.923, de 18 de janeiro de 2021, do diário oficial apresentada no Anexo B, assim adotou-se os valores de fretes dispostos pelo diário oficial.

4.8. DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS COMUNS

Algumas variáveis são comuns a todos os modelos propostos no presente trabalho, sendo elas: Demanda (*D*); Custo por quilo de material (*C*); Custo de manutenção (*m*); Custo de pedido (*S*); e, Custo por pedido adicional (*S**). Esses valores podem ser observados na Tabela 13.

Tabela 13: Variáveis comuns

Variáveis	Unidade	Material			
		1	2	3	4
Demanda (kg)	D	565.458	176.706	388.753	141.365

Custo por quilo	C	R\$ 2,16	R\$ 2,46	R\$ 1,73	R\$ 1,98
Custo de manutenção	m		20%		
Custo de pedido	S		R\$ 350,00		
Custo por pedido adicional	S*		R\$ 50,00		

Fonte: Autoria Própria

Em posse destas variáveis, é realizada a execução dos três modelos propostos neste trabalho.

4.9. MODELOS DE CUSTO DE ESTOQUE

Nessa seção serão apresentados os resultados do Custo Total Geral para os três modelos propostos por Chopra e Meindl (2013).

4.9.1 Custo de estoque para pedidos independente

Com a utilização dos valores da Tabela 13 e das equações de lote econômico (42), estoque cíclico (43) e frequência do pedido (45), foram calculados o custo de pedido, custo de manutenção e custo de transporte, resumidos pela Tabela 14.

Para o levantamento do custo de transporte foram utilizados os conceitos de regressão linear simples, através da análise realizada pelo suplemento Solver do software Excel, levou em consideração as restrições de peso, cubagem e quantidade de paletes exigidos pelo LEC e suportados pelos três tipos de caminhões.

Tabela 14: Vários produtos pedidos e entregues de forma independente

Variáveis	Equações	Material			
		1	2	3	4
Lote Econômico	(42) $Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{mC}}$	30.298	15.843	28.024	15.808

Estoque Cíclico	(43) $E.C^* = \frac{Q^*}{2}$	15.149	7.922	14.012	7.904
Frequência de pedido	(45) $n^* = \frac{D}{Q^*}$	19	12	14	9
Custo de manutenção	(40) $C.M = \left(\frac{Q}{2}\right) mC$	R\$ 6.532,19	R\$ 3.903,73	R\$ 4.855,20	R\$ 3.129,95
Custo de pedido	(39) $C.P = nS$	R\$ 6.650,00	R\$ 4.200,00	R\$ 4.900,00	R\$ 3.150,00
Custo de transporte	(99) $C.t = n * C.LEC$	R\$ 36.224,65	R\$ 13.1216,36	R\$ 17.294,66	R\$ 8.579,52
Custo Total	(41) $C.T = C.D + C.P + C.M$	R\$ 49.406,84	R\$ 21.230,09	R\$ 27.049,87	R\$ 14.859,47
Custo Total Geral			R\$ 112.546,26		

Fonte: Autoria Própria

Na Tabela 14 é possível verificar que para o material 1 são necessários 30.298 tábuas para o lote econômico ótimo, sendo o seu estoque cíclico de 15.149 tábuas. A frequência de pedidos será na ordem de 19 pedidos por período de análise, sendo o período de análise equivalente a um ano, é necessários realizar 19 pedidos de material 1 por ano. O seu custo de manter esse estoque é de R\$ 6.532,19, e o custo de realizar os dezenove pedidos é de R\$ 6.650,00. O custo de transportar todos esses pedidos (demonstrado na sequência) é de R\$ 36.224,65. Ao somar esses três custos obtém-se o custo total do material 1 de R\$ 49.406,84.

Para os materiais 2, 3 e 4 a análise é semelhante à análise efetuada para o material 1, resultando em um custo total individual de R\$ 21.230,09, R\$ 27.049,87 e R\$ 14.859,47 respectivamente. Ao somar os quatro custos totais individuais é encontrado o Custo Total Geral de R\$ 112.546,26 para o modelo 1 proposto por Chopra e Meindl (2013).

- CUSTO DE TRANSPORTE INDIVIDUAL

Como função objetivo foi adotada a minimização do custo total geral, e como células variáveis as quantidades demandadas de cada um dos caminhões. A Tabela

15 apresenta a quantidade demandada de cada um dos tipos de caminhões por cada modelo de material.

Tabela 15: Quantidade demandada de caminhões por modelo de material

Caminhão	Material			
	1	2	3	4
Nº 5 eixos	2			1
Nº 6 eixos		1		
Nº 7 eixos			1	

Fonte: Autoria Própria

Essa quantidade de caminhões encontrada é suficiente para atender as restrições de volume, peso e quantidade de paletes exigidos pelo cálculo do Lote Econômico.

A Tabela 16 apresenta um comparativo entre as especificações exigidas pelo cálculo do Lote Econômico e as capacidades de cada caminhão escolhido. As informações contidas na Tabela 16 referentes aos dados dos caminhões estão apresentadas anteriormente nas Tabela 8, Tabela 9 e Tabela 11.

No bloco de linhas referente ao paleta, a linha 'LEC' é a simples divisão do número total de tábuas que o LEC exige pela quantidade de tábuas contidas em um paleta. A linha 'Caminhão * Quant' é a multiplicação da capacidade que cada modelo escolhido comporta de paletes multiplicado pela quantidade de caminhões escolhidos.

Tabela 16: Restrições de volume, peso e quantidade de paleta

Restrições	Material				
	1	2	3	4	
PALETE	LEC	52	28	41	23
	Caminhão	32	36	44	28
	Caminhão * Quant	64	36	44	28
VOLUME	LEC	119,2	73,4	88,9	57,0

	Caminhão	83,8	101,4	108,2	83,8
	Caminhão * Quant	167,6	101,4	108,2	83,8
P E S O	LEC	50.083	30.821	37.319	23.926
	Caminhão	26.000	33.000	41.500	26.000
	Caminhão * Quant	52.000	33.000	41.500	26.000

Fonte: Autoria Própria

No bloco de linhas referentes a volume e peso a análise se mantém semelhante ao bloco de linhas de paletes, substituindo a variável palete por volume e peso respectivamente.

Após verificar que as restrições foram satisfeitas é necessário calcular, através das informações contidas nas Tabela 15 e Tabela 12, qual o custo de transporte de cada um dos quatro modelos de material, representado pela Tabela 17, onde a linha 'Custo LEC' é a multiplicação da quantidade de caminhão demandado pelo seu respectivo custo de transporte.

Tabela 17: Custo de transporte por modelo de material

Custo	Material			
	1	2	3	4
Caminhões	2	1	1	1
Custo por Caminhão	R\$ 953,28	R\$ 1.093,86	R\$ 1.235,33	R\$ 953,28
Custo LEC	R\$ 1.906,56	R\$ 1.093,86	R\$ 1.235,33	R\$ 953,28

Fonte: Autoria Própria

Os valores individuais do custo do LEC para cada um dos quatro modelos de materiais ao ser multiplicado pelas suas respectivas frequências de pedido gera o custo de transporte apresentado pela Tabela 14.

4.9.2 Custo de estoque para pedidos feitos e entregues em conjunto

Esse modelo continua utilizando as informações da Tabela 13, porém diferente do modelo onde os pedidos são feitos de forma independente e o valor

referência para o cálculo a ser encontrado é o lote econômico, no atual modelo o valor referência recai sobre o valor da frequência do pedido, equação (51), sendo estes valores e os custos demonstrados na Tabela 18.

Tabela 18: Lotes pedidos e entregues juntos

Variáveis	Equações	Material			
		1	2	3	4
Custo do pedido adicional	S_i	R\$ 50,00	R\$ 50,00	R\$ 50,00	R\$ 50,00
Custo de pedido	(48) $S^* = S + \sum_{i=1}^6 S_i$			R\$ 550,00	
Frequência do pedido	(51) $n^* = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^6 D_i m C_i}{2S^*}}$			22	
Lote Econômico de Compra	(52) $Q = \frac{D}{n^*}$	25.703	8.032	17.671	6.426
Estoque cíclico	(43) $Ec = \frac{Q}{2}$	12.851	4.016	8.835	3.213
Custo de manutenção	(49) $C.M^* = \sum_{i=1}^k \frac{D_i m C_i}{2n}$			R\$ 11.854,31	
Custo de pedido	(47) $C.P = nS^*$			R\$ 12.100,00	
Custo de Transporte	(61) $C.t = n^* * C.LEC$			R\$ 72.195,00	
Custo total				R\$ 96.149,00	

Fonte: Autoria Própria

Na Tabela 18 é possível verificar que o custo de pedido passou a ser de R\$ 550,00 para realizar o pedido de todos os materiais, e é composto pelo custo de pedido original mais a soma dos custos de pedido individuais gerados pela inclusão de mais um material ao mesmo pedido. A frequência de pedido é de 22 vezes por ano, e em todas às vezes virá um mix dos quatro tipos de tábuas. O lote econômico do modelo de tábua 1 passou a ser de 25.703 unidades e o estoque cíclico é de 12.851 unidades.

Nesse modelo onde os pedidos são feitos e entregues em conjunto os custos de manutenção de estoque, custo de pedido e custo de transporte são considerados em conjunto e não mais de forma individual, sendo num valor igual a R\$ 11.854,31, R\$ 12.100,00 e R\$ 72.195,00, respectivamente.

Para o levantamento do custo de transporte novamente foi utilizado os conceitos de programação linear simplex, através da análise realizada pelo suplemento Solver do software Excel, onde levou em consideração as restrições de peso e cubagem exigidos pelo LEC e suportados pelos três tipos de caminhões, sendo analisada na sequência

A soma dos custos de manutenção, pedido e transporte resultam em um Custo Total Geral de R\$ 96.149,00 para o modelo 2 proposto por Chopra e Meindl (2013).

- CUSTO DE TRANSPORTE PARA PEDIDOS FEITOS E ENTREGUES EM CONJUNTO

Para o modelo de pedidos feitos e entregues em conjunto foi necessário realizar a soma dos valores individuais encontrados no lote econômico de cada um dos quatro materiais. A função objetivo é a minimização do custo total geral, sendo as quantidades demandadas de cada um dos caminhões considerado como as células variáveis. A Tabela 19 apresenta a soma dos LEC's individuais e a quantidade demandada de cada um dos tipos de caminhões.

Tabela 19: Somatório LEC e quantidade demandada de caminhões

	Somatório LEC _i	57.831
CAMINHÃO	Quant. 5 eixos	0
	Quant. 6 eixos	3
	Quant. 7 eixos	0

Fonte: Autoria Própria

Essa quantidade de caminhões encontrada é suficiente para atender as restrições de volume e peso exigidos pelo cálculo do Lote Econômico. A Tabela 20 apresenta um comparativo entre as especificações exigidas pelo cálculo do Lote Econômico e as capacidades de cada caminhão escolhido, verificando assim se as restrições impostas foram sanadas. Os valores individuais tanto do volume quanto do peso exigidos pelo LEC de cada um dos quatro tipos de matérias são somados, dado que os materiais possuem o seu transporte realizado de forma conjunta.

Tabela 20: Restrições de volume e peso

	Restrições	Valores
ODE >LM	LEC	218,7

	Caminhão	101,4
	Caminhão * Quant	304,2
	Restrição Satisfeita?	SIM
O S E P	LEC	91.857
	Caminhão	32.000
	Caminhão * Quant	96.000
	Restrição Satisfeita?	SIM

Fonte: Autoria Própria

No bloco de linhas referente ao volume, à linha 'LEC' é a soma dos valores individuais do volume de cada tábua multiplicado pela quantidade de tábuas que o LEC exige. A linha 'Caminhão * Quant' é a multiplicação da capacidade de cubagem que o modelo de caminhão escolhido comporta multiplicado pela sua quantidade. A linha 'Restrição Satisfeita?' é a verificação se a capacidade dos caminhões é suficiente para atender a necessidade exigida pelo LEC.

No bloco de linhas referente ao peso a análise se mantém semelhante ao bloco de linhas do volume, ocorrendo à substituição da variável volume por peso.

Tabela 21: Quantidade demandada de caminhões por modelo de material

Custo	Valores
Caminhões	3
Custo por Caminhão	R\$ 1.093,86
Custo LEC	R\$ 3.281,59

Fonte: Autoria Própria

A Tabela 21 apresenta o custo do transporte para o LEC, fazendo a multiplicação do custo de transporte para um caminhão de 6 eixos multiplicado pelas quantidades de caminhões exigido para atender o LEC. Sendo a 'Custo LEC' utilizada pela Tabela 18 para calcular o custo de transporte.

Neste modelo onde os pedidos são feitos e entregues de maneira conjunta não foi utilizado como restrição a quantidade de paletes, pois por se tratar de um mix de modelos de tábuas, a distribuição desses paletes pode ser dada de inúmeras formas, dificultando assim presumir a sua capacidade numérica máxima. Porém,

esse problema é contornado pela restrição volumétrica que leva em consideração a dimensão de todos os paletes e caminhões envolvidos no estudo.

4.9.3 Custo de estoque para tamanhos de lotes pedidos e entregues juntos para um subconjunto selecionado

Nesse modelo, a partir das informações da Tabela 13, são realizadas cinco etapas para se auferir o valor da frequência de pedidos e posteriormente calcular o lote econômico, o estoque cíclico e os custos de manutenção, pedido e transporte. Os valores encontrados nas cinco etapas são apresentados pela Tabela 22.

A etapa 01 é o cálculo da frequência do pedido partindo do pressuposto que cada material carregará sozinho o custo de pedido e todos os custos de pedidos extras, sendo que o maior valor encontrado é o produto que deverá estar em todos os pedidos realizados, nesse presente estudo o material 1 é o que apresenta o maior valor sendo igual a 17,5 pedidos.

Tabela 22: Lotes pedidos e entregues juntos

Etapas	Equações	Material			
		1	2	3	4
01	(53) $\bar{n}_i = \sqrt{\frac{Dhc}{2(S+S_i)}}$	17,5	10,4	13,0	8,4
	Maior \bar{n}_i		17,5		
02	(54) $\bar{n}_i = \sqrt{\frac{Dmc}{2s_i}}$		29,5	36,7	23,7
03	(55) $m_i = \frac{\bar{n}_i}{\bar{n}_i}$		1	1	1
04	(56) $n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^l hC_i m_i D_i}{2(S + \sum_{i=1}^l S_i / m_i)}}$			22	
05	(57) $n_i = \frac{n}{m_i}$		22	22	22

Fonte: Autoria Própria

Na etapa 02 ocorre novamente o cálculo da frequência de pedidos, sem incluir o material 1, só que desta vez somente ocorre à inclusão do custo de pedido extra, gerando os valores de 29,5, 36,7 e 23,7 para os materiais 2, 3 e 4 respectivamente.

A etapa 03 demonstra a quantas repetições de pedidos do material 1 os materiais 2, 3 e 4 serão incluídos, como o valor encontrado foi um para todos os três materiais, logo em todos os pedidos serão incluídos todos os quatro materiais, o que resulta em valores idênticos aos apresentados pelo modelo 02 onde os pedidos são pedidos e entregues em conjunto.

A etapa 04 recalcula o valor da frequência de pedidos para o material com maior valor encontrado na etapa 01, ou seja, o material 1. A etapa 05 calcula a frequência dos outros materiais em relação ao material 1, ou seja, como o valor de 'n' é 22, todos os produtos são pedidos na frequência de 22 vezes por período de análise.

A Tabela 23 apresenta os valores da frequência de pedidos, lote econômico de 25.703 unidades para o material 1, 8.032 unidades para o material 2, 17.671 unidades para o material 3 e 6.426 unidades por pedido realizado do material 4.

Como no modelo onde os pedidos são feitos e entregues em conjunto, os custos de manutenção de estoque, custo de pedido e custo de transporte são considerados em conjunto para o mix do pedido, sendo igual a R\$ 11.854,31, R\$ 12.100,00 e R\$ 72.195,00, respectivamente.

A soma dos custos de manutenção, pedido e transporte resultam em um Custo Total Geral de R\$ 96.149,00 para o modelo 2 proposto por Chopra e Meindl (2013).

Tabela 23: Lotes pedidos e entregues em um mix de produtos

Variáveis	Equações	Material			
		1	2	3	4
Custo do pedido adicional	S_i	R\$ 50,00	R\$ 50,00	R\$ 50,00	R\$ 50,00
Custo de pedido	(48) $S^* = S + \sum_{i=1}^6 S_i$				R\$ 550,00
Frequência do pedido	Etapa 05	22	22	22	22
Lote Econômico de Compra	(52) $Q = \frac{D}{n^*}$	25.703	8.032	17.671	6.426
Estoque cíclico	(43) $Ec = \frac{Q}{2}$	12.851	4.016	8.835	3.213

Custo de manutenção	(49) $C.M^* = \sum_{i=1}^k \frac{D_i m C_i}{2n}$	R\$ 11.854,31
Custo de pedido	(47) $C.P = nS^*$	R\$ 12.100,00
Custo de Transporte	(61) $C.t = n^* * C.LEC$	R\$ 72.195,00
Custo total		R\$ 96.149,00

Fonte: Autoria Própria

Para o levantamento do custo de transporte novamente são utilizados os conceitos de regressão linear simples, através da análise realizada pelo suplemento Solver do software Excel, onde levou em consideração as restrições de peso e cubagem exigidos pelo LEC e suportados pelos três tipos de caminhões.

- CUSTO DE TRANSPORTE PARA PEDIDOS FEITOS E ENTREGUES JUNTOS PARA UM SUBCONJUNTO SELECIONADO

O modelo de pedidos feitos e entregues juntos para um subconjunto selecionado necessita realizar a soma dos valores individuais encontrados no lote econômico de cada um dos quatro materiais. A função objetivo é a minimização do custo total geral, sendo as quantidades demandadas de cada um dos caminhões considerado como as células variáveis. A Tabela 24 apresenta a soma dos LEC's individuais e a quantidade demandada de cada um dos tipos de caminhões.

Tabela 24: Somatório LEC e quantidade demandada de caminhões

	Somatório LEC _i	57.831
CAMINHÃO	Quant. 5 eixos	0
	Quant. 6 eixos	3
	Quant. 7 eixos	0

Fonte: Autoria Própria

A quantidade de três caminhões com seis eixos cada é suficiente para atender as restrições de volume e peso exigidos pelo cálculo do Lote Econômico, o

que é demonstrado pela Tabela 25 que apresenta um comparativo entre as especificações exigidas pelo cálculo do Lote Econômico e as capacidades de cada caminhão escolhido. Os valores individuais tanto do volume quanto do peso exigidos pelo LEC de cada um dos quatro tipos de matérias são somados, dado que os materiais possuem o seu transporte realizado de forma conjunta.

	Restrições	Valores
VOLUME	LEC	218,7
	Caminhão	101,4
	Caminhão * Quant	304,2
	Restrição Satisfeita?	SIM
PESO	LEC	91.857
	Caminhão	32.000
	Caminhão * Quant	96.000
	Restrição Satisfeita?	SIM

Fonte: Autoria Própria

No bloco de linhas referente ao peso, a linha 'LEC' é a soma dos valores individuais do peso de cada tábua multiplicado pela quantidade de tábuas que o LEC exige. A linha 'Caminhão * Quant' é a multiplicação da capacidade de peso líquido que o modelo de caminhão escolhido comporta multiplicado pela sua quantidade. A linha 'Restrição Satisfeita?' é a verificação se a capacidade dos caminhões é suficiente para atender a necessidade exigida pelo LEC.

No bloco de linhas referente ao volume a análise se mantém semelhante ao bloco de linhas do peso, ocorrendo à substituição da variável peso por volume.

Após a verificação das restrições é necessário calcular qual o custo de transporte, onde a linha 'Custo LEC' é a multiplicação da quantidade de caminhão demandado pelo seu respectivo custo de transporte, demonstrado na Tabela 26.

Tabela 26: Quantidade demandada de caminhões por modelo de material

Custo	Valores
Caminhões	3
Custo por Caminhão	R\$ 1.093,86
Custo LEC	R\$ 3.281,59

Fonte: Autoria Própria

Sendo a 'Custo LEC' utilizada pela Tabela 18 para calcular o custo de transporte.

Neste modelo onde os pedidos são feitos e entregues de maneira conjunta não foi utilizado como restrição a quantidade de paletes, pois por se tratar de um mix de modelos de tábuas, a distribuição desses paletes pode ser dada de inúmeras formas, dificultando assim presumir a sua capacidade numérica máxima. Porém, esse problema é contornado pela restrição volumétrica que leva em consideração a dimensão de todos os paletes e caminhões envolvidos no estudo.

4.9.4 Comparativo

Após realizar os cálculos para os três modelos propostos por Chopra e Meindl (2013), faz-se necessário realizar o comparativo entre os valores de Lote Econômico e Frequência de Pedidos, Tabela 27, e os custos apresentados pelos modelos, sendo demonstrado pela Tabela 28.

Nota-se que o modelo de pedidos feitos e entregues de maneira individual apresenta uma frequência menor do que nos outros dois modelos, porém o valor do seu lote econômico, ou seja, a quantidade com que cada material deve ser pedido, é superior ao exigido pelos modelos 2 e 3.

Observando os valores presentes na Tabela 28, vemos que o modelo 1 apresenta todos os seus custos a níveis superiores aos encontrados nos outros dois modelos, ocasionando um Custo Total Geral superior, representando uma elevação de custo na ordem de R\$16.397 em relação do modelo 2 e 3, e uma redução de R\$31.453 em relação ao modelo atual.

O Gráfico 2 mostra de forma mais visual os resultados da comparação entre os custos gerados pelos três modelos. Duas análises importantes que podem ser facilmente percebidas no Gráfico 2 é a redução ocorrida no custo geral do modelo 1 para os modelos 2 e 3 e que grande parte desse custo se dá pelo Custo de Transporte.

Tabela 27: Comparativo de lote econômico e frequência de pedidos por modelo

Modelo	Variáveis	Material			
		1	2	3	4
01	Frequência do pedido	19	12	14	9
	Lote Econômico	30.298	15.843	28.024	15.808
02	Frequência do pedido	22	22	22	22
	Lote Econômico	25.703	8.032	17.671	6.426
03	Frequência do pedido	22	22	22	22
	Lote Econômico	25.703	8.032	17.671	6.426

Fonte: Autoria Própria

Ao analisar os modelos 2 e 3 percebe-se que apresentam exatamente os mesmos resultados para frequência de pedidos e lote econômico, o que faz com que os custos envolvidos sejam idênticos.

Tabela 28: Restrições de volume e peso

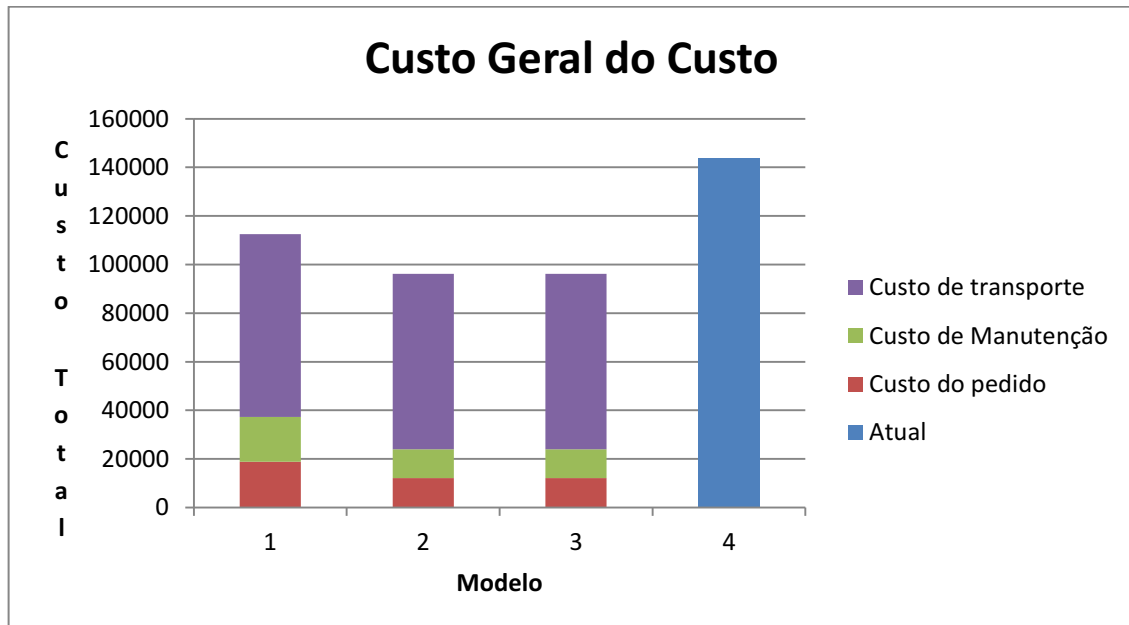
Modelo	Custo do pedido	Custo de Manutenção	Custo de transporte	TOTAL
1	R\$ 18.900,00	R\$ 18.421,07	R\$ 75.225,19	R\$ 112.546,26
2	R\$ 12.100,00	R\$ 11.854,31	R\$ 72.195,00	R\$ 96.149,00
3	R\$ 12.100,00	R\$ 11.854,31	R\$ 72.195,00	R\$ 96.149,00
ATUAL				R\$ 144.000,00

Fonte: Autoria Própria

Esse fato possui duas razões plausíveis: sendo a primeira dada pela baixa diferença de demandas entre os quatro modelos de tábuas, o que leva a etapa 3 do modelo 3 apresentar valores de frequência de pedidos do material de maior demanda ser igual à frequência de pedido dos demais materiais; a segunda razão se dá pela própria teoria dos autores Chopra e Meindl (2013), onde explicitam que as grandes diferenças entre os modelos 2 e 3 se dão em análises com custo de pedido extra é mais elevado, sendo que no presente objeto de estudo esse custo é de apenas R\$ 50,00, o que permitiu visualizar a teoria na prática, fazendo com que não

houvesse diferença entre os modelos quando o custo de pedido extra apresenta um valor de baixa significância para o custo total.

Gráfico 2 - Variação dos custos



O custo atual com gestão de estoque é superior aos valores encontrados pelos 3 modelos apresentados. Com a execução deste trabalho chegou-se a um valor definido de Custo Geral de Estoque através de uma metodologia estruturada para obtê-lo, assim esse trabalho trouxe de uma maneira adicional à empresa uma forma de gerir seus custos com estoque, o que futuramente pode se tornar um indicador chave na gestão dos custos da empresa.

5 CONCLUSÃO

Nesse capítulo são ressaltados alguns pontos que merecem destaque e atenção dentro da conclusão do trabalho.

A demanda para os quatro modelos de tábuas é definida como determinística e com valor de “V” idêntico ao valor do kit, pois a demanda dos modelos é a demanda de kit multiplica por uma constante.

Com relação ao custo total geral, chegou-se à conclusão que o modelo de pedidos feitos e entregues em conjuntos se torna mais eficaz para a empresa pois reduz os custos totais atuais de R\$ 144.000,00 para R\$ 96.149,00 uma de redução anual de R\$ 47.850,72 o que significa uma queda de 33,22% nos custos de gestão de estoque atuais. Para uma empresa familiar de pequeno porte essa é uma redução significativa e que vai gerar oportunidades de investimentos em outros setores da empresa.

O modelo 2 é considerado mais eficaz que o modelo 3, apesar de apresentar exatamente os mesmos custos, por possuir uma elaboração de planejamento de gestão de estoque e de entendimento por parte dos gestores da empresa mais facilitada.

Outra conclusão importante com o estudo é a significância do custo de transporte dentro do custo total geral da gestão de estoque, chegando a ser de aproximadamente 75% do custo geral. Esse fato demonstra quão importante é a participação do modal terrestre dentro da composição dos custos e lucros de uma empresa.

A realização do primeiro objetivo específico “Realizar o levantamento e análise da demanda de materiais do estoque, prazos de entregas e custos de estocagem para a indústria a serem realizadas no espaço de tempo a ser pesquisado”, foi concluída com sucesso. No qual durante o processo de conclusão ensinou aos envolvidos a importância desses dados e como podem ser utilizados. Também mostrou principalmente a empresa que estes dados servem para identificar padrões e para ser utilizados para indicadores de eficiência de diversos setores.

Quando tratamos do “Pesquisar na literatura métodos para a execução da gestão de estoque de acordo com as características do estudo de caso”, como segundo objetivo, aprendemos que um grande problema da gestão do estoque não é buscar um método de gestão em si, e sim de como obter e tratar os dados

necessários para realizar uma boa gestão, pois muitos desses dados eram só vistos como uma “despesa necessária”, e não como uma oportunidade de melhoria.

Para o ultimo objetivo específico “Identificar os ganhos a serem obtidos por escolher tal modelo de gestão de estoque”, foi concluído com sucesso. Porém esse objetivo se tornou uma recompensa pelo estudo, pois além de trazer um resultado financeiro, apontou outras oportunidades de melhoria que podem ser trabalhadas a frente.

A elaboração deste trabalho trouxe aos autores uma experiência incrível de vivenciar na pratica conteúdos estudados em sala de aula e como cada assunto deve ser abordado de diferentes maneiras dependendo da área de atuação. Quanto ao sucesso dos resultados só foi possível através da colaboração da empresa e seus colaboradores que se engajaram na realização do exercício.

Por fim, ao longo da elaboração e realização do trabalho, foi possível conhecer um pouco da rotina de trabalho de diversos setores de uma empresa de beneficiamento de madeira e mostrar a importância de ter profissionais de engenharia de produção presentes na empresa, pois tratam do funcionamento e da gestão dos processos.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, David R.; SWEENEY, Dennis J.; WILLIAMS, Thomas A. **Estatística Aplicada à Administração e Economia**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008. 597 p.

BALLOU, R. H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos: Planejamento organização e logística empresarial. Tradução Elias Pereira. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BERTAGLIA, Paulo R. Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento. São Paulo: Saraiva, 2009.

BORGES C. T.; CAMPOS S. M.; BORGES C. E. Implantação de um sistema para o controle de estoques em uma gráfica/editora de uma universidade. Revista Eletrônica Produção & Engenharia, v. 3, n. 1, p. 236-247, Jul./Dez. 2010.

BRASIL, Conselho nacional de trânsito. resolução nº 210, de 13 de novembro de 2006 Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=104243> Acesso em 10 de novembro de 2020.

BRASIL, Conselho nacional de trânsito. resolução nº 211, de 13 de novembro de 2006 Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo-contran/resolucoes/cons211.pdf> Acesso em 10 de novembro de 2020.

BRASIL, Conselho nacional de trânsito. resolução nº 290, de 29 de agosto de 2008 Disponível em: https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo-contran/resolucoes/resolucao_contran_290.pdf Acesso em 10 de novembro de 2020.

BRASIL, Conselho nacional de trânsito. resolução nº 628, de 30 de novembro de 2016 Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo-contran/resolucoes/resolucao6282016.pdf> Acesso em 10 de novembro de 2020.

BRASIL, Imprensa Nacional. Diário oficial da união. resolução nº 5.923, de 18 de janeiro de 2021 Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-5.923-de-18-de-janeiro-de-2021-299561209> Acesso em 25 de fevereiro de 2021.

CHARNES, John M. and ZINN, Walter. Determinação do estoque de segurança em um sistema de estoque de revisão periódica, com demanda correlacionada em série. *Gest. Prod.* [online]. 1997, vol.4, n.2, pp.140-150. ISSN 0104-530X.

CHOPRA, S.; MEINDL, Peter. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento*. São Paulo: PrenticeHall, 2003.

CHOPRA, Sunil; MEINDL, Peter. **Supply Chain Management: strategy, planning and operation**. 5. ed. New Jersey: Pearson, 2013. 529 p.

CORRÊA, Henrique Luiz; GIANESI, Irineu Gustavo Nogueira; CAON, Mauro. *Planejamento, programação e controle da produção: MRP II / ERP: conceitos, uso e implantação: base para SAP, oracleapplications e outros softwares integrados de gestão*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2019. 472 p. Colaboração Alexandre Bittar. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597018554/cfi/6/10!/4/20@0:0>>. Acesso em: 29 ago. 2019.

EPPEN, G. D.; MARTIN, R. K. Determining safety stock in the presence of stochastic lead time and demand. *Management Science*, 1988.

Ferreira, Vanessa Elionara de Souza; Carmo, Breno Barros Telles do; Oliveira, Amanda Gondim de. Proposta de um sistema de informação para a gestão de inventário e o direcionamento das campanhas de coleta de sangue. *Gest. Prod.* vol.26 no.2 São Carlos 2019 Epub June 13, 2019.

Framling, Mikko; Karkkainen, Timo; Ala-Risku and Kary.; Collin. Jari.; Holmstrom. Jam. Implementing inventory transparency to temporary storage locations. A solution design experiment in Project business. *International Journal of Managing Projects in Business*. Vol. 3 No. 2, 2010.

GARCIA E. S. et al. *Gestão de estoques, otimizando a logística e a cadeia de suprimentos*. Rio de Janeiro. E-papers Serviços Editoriais, 2006.

Halskau, Oyvind. EOQ models for postponed payment of stored commodities. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* Vol. 33 No. 8, 2003.

HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J. *Introdução à Pesquisa Operacional*. 9. ed. Porto Alegre: Amgh, 2013. 1005 p. Tradução de: Arioaldo Griesi.

Leeuw, Sander de.; Holweg Matthias.; Williams Geoff.; The impact of decentralised control on firm-level inventory Evidence from the automotive industry. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* Vol. 41 No. 5, 2011.

MARTINS, Petrônio Garcia.; ALT, Paulo Renato Campos. *Administração de materiais e recursos patrimoniais*. São Paulo: Saraiva, 2006.

Niknamfar, Amir Hossein.; Niaki, Seyed Armin Akhavan.; Karimi, Marziyeh. A series-parallel inventory-redundancy green allocation system using a max-min approach via the interior point method. *Assembly Automation*. Volume 38 · Number 3. 2018.

Pimentel, Elthon Wanderley. *Planejamento e controle da produção e a gestão de estoques – um estudo de caso em uma metalúrgica paraibana*. 2005, *Qualitas Revista Eletrônica Campina Grande – PB*. ISSN - 1677-4280.

PROVIN T. D.; SELLITTO A. M. V. Política de Compra e Reposição de estoques em uma empresa de pequeno porte do ramo atacadista de materiais de construção civil. *Revista Gestão Industrial*. v. 07, n. 02: p.187-200, 2011.

QUALP. *Calcule a sua viagem*. 2020. Disponível em: <https://qualp.com.br/>. Acesso em: 25 dez.. 2020.

ROSA, Hobed; MAYERLE, Sérgio Fernando and GONCALVES, Mirian Buss. Controle de estoque por revisão contínua e revisão periódica: uma análise comparativa utilizando simulação. *Prod.* [online]. 2010, vol.20, n.4. Epub Nov 12, 2010. ISSN 0103-6513.

Salam, Asif.; Panahifar, Farhad.; Byrne, P.J . Retail supply chain service levels: the role of inventory storage. *Journal of Enterprise Information Management* Vol. 29 No. 6, 2016.

SANDRINI, E. D. *Controle de almoxarifado através da otimização da gestão de estoques em uma construtora*. Trabalho de conclusão de curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

SANTORO, Miguel Cezar and FREIRE, Gilberto. Análise comparativa entre modelos de estoque. *Prod.* [online]. 2008, vol.18, n.1, pp.89-98. ISSN 0103-6513.

SANTOS, Antônio Marcos dos and RODRIGUES, Iana Araújo. Controle de estoque de materiais com diferentes padrões de demanda: estudo de caso em uma indústria química. *Gest. Prod.* [online]. 2006, vol.13, n.2, pp.223-231. ISSN 0104-530X.

SÃO PAULO. Cristiane Bonfanti. Agência Cni de Notícias. **Economia brasileira deve crescer 4% em 2021, e PIB industrial, 4,4%**: Brasil deverá se recuperar das perdas sofridas em 2020. No entanto, país precisa aprovar reformas estruturais, como a tributária e a administrativa, para retomar o crescimento sustentado já em 2021. Brasil deverá se recuperar das perdas sofridas em 2020. No entanto, país precisa aprovar reformas estruturais, como a tributária e a administrativa, para retomar o crescimento sustentado já em 2021. 2020. <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/economia/economia-brasileira-devera-crescer-4-em-2021-e-pib-industrial-avancar-44/>. Acesso em: 20 dez. 2020.

SÃO PAULO. Cni. Conselho Nacional da Indústria (ed.). **Estoque efetivo planejado**. Disponível em: http://termometro.portaldaindustria.com.br/indicador/estoque_efetivo-planejado. Acesso em: 20 dez. 2020.

SZAJUBOK, Nadia Kelner; ALENCAR, Luciana Hazin and ALMEIDA, Adiel Teixeira de. Modelo de gerenciamento de materiais na construção civil utilizando avaliação multicritério. *Prod.* [online]. 2006, vol.16, n.2, pp.303-318. ISSN 0103-6513.

TAHA, Hamdy A. *Pesquisa Operacional: Uma visão geral*. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008. 359 p. Tradução de: Arlete Simille Marques.

VOLLMANN et al. *Manufacturing planning and control systems*, fourth edition, New York: McGraw-Hill, 1997.

Wanke, Peter. Quadro conceitual para gestão de estoques: enfoque nos itens. *Gest. Prod.*, São Carlos, v. 19, n. 4, p. 677-687, 2012.

ANEXO A - Demanda de kits de urnas funerárias e de tábuas de pinus

(Continua)

Período	Kit	DEMANDA (unidade)			
		1	2	3	4
set/16	5010	40080	12525	27555	10020
out/16	7250	58000	18125	39875	14500
nov/16	3800	30400	9500	20900	7600
dez/16	5270	42160	13175	28985	10540
jan/17	4590	36720	11475	25245	9180
fev/17	4380	35040	10950	24090	8760
mar/17	3900	31200	9750	21450	7800
abr/17	4300	34400	10750	23650	8600
mai/17	6650	53200	16625	36575	13300
jun/17	4730	37840	11825	26015	9460
jul/17	6910	55280	17275	38005	13820
ago/17	7790	62320	19475	42845	15580
set/17	4530	36240	11325	24915	9060
out/17	5210	41680	13025	28655	10420
nov/17	5090	40720	12725	27995	10180
dez/17	7690	61520	19225	42295	15380
jan/18	6770	54160	16925	37235	13540
fev/18	6380	51040	15950	35090	12760
mar/18	6560	52480	16400	36080	13120
abr/18	4100	32800	10250	22550	8200
mai/18	4840	38720	12100	26620	9680
jun/18	5630	45040	14075	30965	11260
jul/18	6470	51760	16175	35585	12940
ago/18	6740	53920	16850	37070	13480
set/18	6370	50960	15925	35035	12740
out/18	7410	59280	18525	40755	14820
nov/18	5410	43280	13525	29755	10820
dez/18	7720	61760	19300	42460	15440
jan/19	6440	51520	16100	35420	12880
fev/19	6190	49520	15475	34045	12380
mar/19	7600	60800	19000	41800	15200
abr/19	5560	44480	13900	30580	11120
mai/19	6010	48080	15025	33055	12020
jun/19	5150	41200	12875	28325	10300
jul/19	5910	47280	14775	32505	11820
ago/19	6310	50480	15775	34705	12620
set/19	4370	34960	10925	24035	8740
out/19	6460	51680	16150	35530	12920
nov/19	5500	44000	13750	30250	11000
dez/19	5220	41760	13050	28710	10440
jan/20	5600	44800	14000	30800	11200
fev/20	7260	58080	18150	39930	14520
mar/20	7950	63600	19875	43725	15900

(Conclusão)

Período	Kit	DEMANDA (unidade)			
		1	2	3	4
abr/20	5640	45120	14100	31020	11280
mai/20	5910	47280	14775	32505	11820
jun/20	6230	49840	15575	34265	12460
jul/20	5540	44320	13850	30470	11080
ago/20	6230	49840	15575	34265	12460
set/20	7010	56080	17525	38555	14020
out/20	3950	31600	9875	21725	7900
nov/20	6030	48240	15075	33165	12060
dez/20	6720	53760	16800	36960	13440

Fonte: Autoria Própria.

ANEXO B – Tabela de transporte rodoviário de carga

	Tipo de carga	Coeficiente de custo	Unidade	Número de eixos carregados do 1veículo combinado						
				2	3	4	5	6	7	9
1	Granel sólido	Deslocamento (CCD)	R\$/km	1,992	2,503	2,916	3,275	3,721	4,108	4,68
		Carga e descarga (CC)	R\$	208,5	239,2	263,3	277,1	307,7	357,6	387,9
2	Granel líquido	Deslocamento (CCD)	R\$/km	2,026	2,546	2,942	3,347	3,793	4,215	4,786
		Carga e descarga (CC)	R\$	213,6	246,8	261,8	288,5	319,1	378,5	408,6
3	Frigorificada	Deslocamento (CCD)	R\$/km	2,377	2,967	3,473	3,979	4,487	4,861	5,525
		Carga e descarga (CC)	R\$	244,7	276,2	311	350,3	380,9	427,2	461,8
4	Containerizada	Deslocamento (CCD)	R\$/km		2,492	2,911	3,274	3,719	4,108	4,675
		Carga e descarga (CC)	R\$		236,2	261,8	276,7	307,2	357,7	386,4
5	Carga Geral	Deslocamento (CCD)	R\$/km	1,986	2,492	2,911	3,274	3,719	4,108	4,675
		Carga e descarga (CC)	R\$	206,8	236,2	261,8	276,7	307,2	357,7	386,4
6	Neogranel	Deslocamento (CCD)	R\$/km	1,784	2,492	2,926	3,274	3,719	4,108	4,675
		Carga e descarga (CC)	R\$	206,8	236,2	266	276,7	307,2	357,7	386,4
7	Perigosa (granel sólido)	Deslocamento (CCD)	R\$/km	2,531	3,042	3,483	3,842	4,288	4,682	5,255
		Carga e descarga (CC)	R\$	311,9	342,6	371,9	385,7	416,3	468,4	498,7
8	Perigosa (granel líquido)	Deslocamento (CCD)	R\$/km	2,583	3,102	3,51	3,916	4,362	4,791	5,363
		Carga e descarga (CC)	R\$	326	359,2	379,4	406,1	436,7	498,3	528,5
9	Perigosa (frigorificada)	Deslocamento (CCD)	R\$/km	2,801	3,391	3,918	4,424	4,932	5,316	5,98
		Carga e descarga (CC)	R\$	319,8	351,2	392,8	432,1	462,7	511,9	546,5
10	Perigosa (containerizada)	Deslocamento (CCD)	R\$/km		2,744	3,191	3,553	3,999	4,396	4,962
		Carga e descarga (CC)	R\$		303,2	334	348,8	379,4	432,1	460,8
11	Perigosa (carga geral)	Deslocamento (CCD)	R\$/km	2,238	2,744	3,191	3,553	3,999	4,396	4,962
		Carga e descarga (CC)	R\$	273,8	303,2	334	348,8	379,4	432,1	460,8
12	Carga Granel Pressurizada	Deslocamento (CCD)	R\$/km				3,418	3,863		4,888
		Carga e descarga (CC)	R\$				316,3	346,9		445,1

Fonte: Resolução nº 5.923, de 18 de janeiro de 2021 (adaptado)