

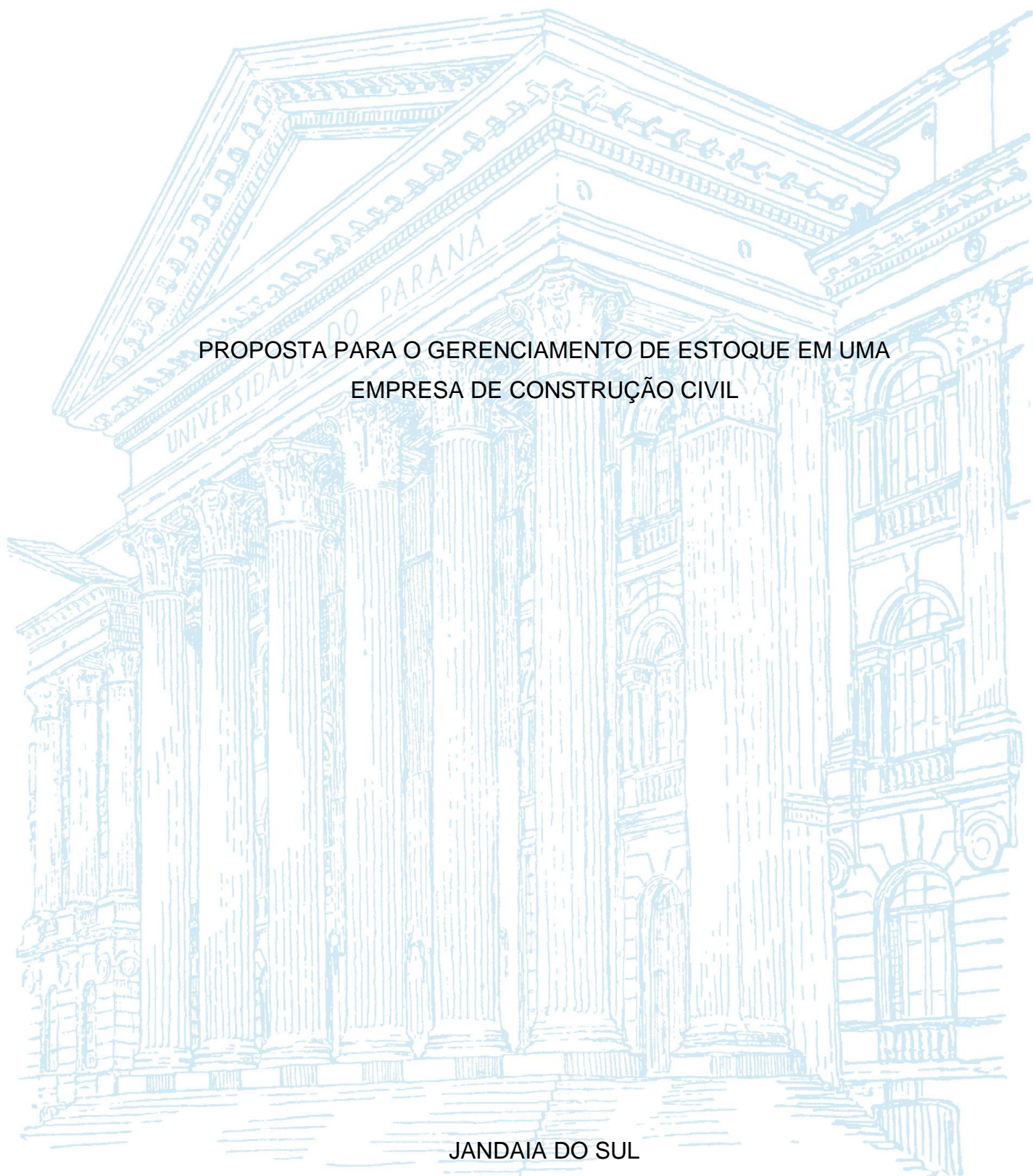
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

KAROLINE GUEDES

PROPOSTA PARA O GERENCIAMENTO DE ESTOQUE EM UMA  
EMPRESA DE CONSTRUÇÃO CIVIL

JANDAIA DO SUL

2018



KAROLINE GUEDES

PROPOSTA PARA O GERENCIAMENTO DE ESTOQUE EM UMA  
EMPRESA DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Paraná Campus avançado em Jandaia do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Me. Carlos Roberto Beleti Junior

JANDAIA DO SUL

2018

G924p Guedes, Karoline  
Proposta para o gerenciamento de estoque em uma empresa de construção civil. / Karoline Guedes. – Jandaia do Sul, 2018. 58 f.

Orientador: Prof. Me. Carlos Roberto Beleti Junior.  
Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação) – Universidade Federal do Paraná. Campus Jandaia do Sul. Curso de Graduação em Engenharia de Produção.

1. Construção civil. 2. Gerenciamento de estoque. 3. Previsão de demanda. 4. Curva ABC. 5. Kanban. II. Título. III. Universidade Federal do Paraná.

CDD: 658.5



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

**PARECER Nº** 001/2019/2019/UFPR/R/JA  
**PROCESSO Nº** 23075.002051/2019-16  
**INTERESSADO:** UFPR/R/JA/CCEP - COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - JANDAIA

### TERMO DE APROVAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Título: PROPOSTA PARA O GERENCIAMENTO DE ESTOQUE EM UMA EMPRESA DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Autor(a): KAROLINE GUEDES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do grau no curso de Engenharia de Produção, aprovado pela seguinte banca examinadora.

- Carlos Roberto Beleti Junior
- Marco Aurélio Reis dos Santos
- William Rodrigues dos Santos

Jandaia do Sul, 17 de dezembro de 2018.



Documento assinado eletronicamente por **CARLOS ROBERTO BELETI JUNIOR, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 18/01/2019, às 16:29, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **MARCO AURELIO REIS DOS SANTOS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 21/01/2019, às 10:40, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **WILLIAM RODRIGUES DOS SANTOS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 21/01/2019, às 14:09, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **1511277** e o código CRC **63E2DEC9**.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por me proporcionar saúde, discernimento, paciência e sabedoria, me amando e me fortalecendo a cada dia, não apenas para a realização desse trabalho, mas ao longo destes 5 anos.

Agradeço aos meus pais, Marliza e Carlos, e minha irmã Giovana por me acompanharem e apoiarem em todos os momentos da minha graduação e da minha vida. Pelo amor, carinho, preparo e compreensão, e por me guiarem pelo melhor caminho, sempre me dando força para nunca desistir. Esta conquista é de vocês também, obrigada!

Agradeço ao meu amado noivo, pelo companheirismo, pelo carinho, amor e apoio durante todo o curso, apesar de todas as dificuldades. Você foi a pessoa que compartilhou comigo os momentos de tristezas e alegrias. Além deste trabalho, dedico todo meu amor a você.

Agradeço aos professores que me orientaram com muita paciência, estímulo, ensino, críticas e pela confiança em meu trabalho.

Agradeço aos meus amigos e familiares que me acompanharam ao longo destes cinco anos, me proporcionando grandes alegrias, assim como auxílio para superar todas as dificuldades da vida acadêmica.

Por fim, agradeço a empresa pela confiança e oportunidade de realizar meu estágio obrigatório e também a realização deste estudo de caso.

"Não importa quanto dinheiro você tem, o seu valor vem de encontrar o que você faz de melhor."

(J.K. Rowling)

## RESUMO

Devido ao ambiente complexo e competitivo do mercado, as empresas buscam melhorias em seus processos visando a redução de custos e otimização no planejamento da produção para o atendimento das necessidades de seus clientes de forma eficiente. Neste contexto, este trabalho apresenta um estudo de caso realizado em uma empresa do ramo da Construção Civil, localizada na cidade de Apucarana no Paraná e teve como finalidade propor um modelo de gerenciamento de estoque para ser utilizado pelo Planejamento e Controle da Produção (PCP) da empresa a fim de controlar a quantidade de vergalhão utilizado como matéria prima na produção. O trabalho teve foco na busca pelo melhor modo de controlar a disponibilidade da matéria prima, tempo e quantidade necessários. Os dados coletados em relação a demanda histórica e custos foram utilizados para verificar a realidade e apontar a necessidade da empresa em se implantar mudanças e melhorias. Com o amparo de uma revisão bibliográfica, desenvolveu-se uma Curva ABC dos produtos analisados, e com modelos de previsão de demanda e revisão periódica foi desenvolvida uma proposta de modelo de gerenciamento de estoque apontando-se quantidades ótimas de estoque mínimo, máximo, tamanho de lote econômico de compra (LEC), ponto de pedido, bem como o número de pedidos no ano. Como verificação visual destes parâmetros foi sugerida a utilização do modelo *Kanban*, uma das ferramentas da qualidade. Com o estudo da necessidade real de insumos chegou-se a uma quantidade segura de estoque, para que não haja a falta de matéria prima e conseqüentemente não atrase a produção como um todo, ou seja, um balanceamento entre os pedidos e as demandas. Após o dimensionamento dos estoques, propôs-se a redução dos custos do estoque alcançando uma economia de aproximadamente R\$ 5.200,00. Desta forma, este trabalho mostrou que a aplicação de ferramentas de gerenciamento de estoque auxilia na tomada de decisão da empresa em relação aos gastos e custos nos estoques.

Palavras-chave: Construção Civil. Gerenciamento de Estoque. Previsão de Demanda. Curva ABC. Kanban.

## **ABSTRACT**

Because of the complex and competitive environment of the market, companies seek improvements in their processes aimed at reducing costs and optimizing production planning to meet the needs of their customers efficiently. In this context, this paper presents a case study carried out in a Civil construction company, located in the city of Apucarana in Paraná and had the purpose of proposing a stock management model to be used by planning and Production control (PCP) of the company in order to control the quantity of rebar used as raw material in the production. The work focused on the search for the best way to control the availability of raw material, time and quantity needed. The data collected in relation to historical demand and costs were used to verify the reality and point the company's need to implement changes and improvements. With the support of a bibliographic review, an ABC curve of the analyzed products was developed, and with demand forecasting models and periodic review, a stock management model proposal was developed, aiming at optimum quantities of Minimum stock, maximum, Economic Order Quantity (EOQ), order point, as well as the number of orders in the year. As visual verification of these parameters, the use of the Kanban model was suggested, one of the quality tools. With the study of the real need for inputs, a safe amount of stock was reached, so that there is no shortage of raw materials and consequently does not delay production as a whole, that is, a balance between requests and demands. After the inventory was dimensioning, it was proposed to reduce the costs of the inventory by reaching an economy of approximately R\$5.200,00. In this way, this work showed that the application of inventory management tools assists in making the company's decision in relation to expenditures and costs in stocks.

Keywords: Construction. Inventory management. Demand forecasting. ABC curve. Kanban.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| FIGURA 1 - FLUXO DE INFORMAÇÕES E PCP .....                                | 20 |
| FIGURA 2 - CURVA ABC.....  | 24 |
| FIGURA 3 - ETAPAS DA PREVISÃO DE DEMANDA .....                             | 26 |
| FIGURA 4 - CUSTO TOTAL EM RELAÇÃO AO LEC .....                             | 30 |
| FIGURA 5 - NÍVEL DE ESTOQUE .....  | 32 |
| FIGURA 6 - EXEMPLO DE KANBAN EM ESTOQUE DE VERGALHÃO.....                  | 33 |
| FIGURA 7 - ESQUEMA DE ROTEIRO DA PESQUISA .....                            | 35 |
| FIGURA 8 - FLUXOGRAMA DA PESQUISA .....                                    | 36 |
| FIGURA 9 - ORGANOGRAMA.....  | 37 |
| FIGURA 10 - FLUXOGRAMA.....  | 38 |
| FIGURA 11 - ESTOQUE DE MATÉRIA PRIMA .....                                 | 39 |
| FIGURA 12 - EXEMPLO DE APLICAÇÃO DE KANBAN NO ESTOQUE DE<br>VERGALHÃO..... | 50 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|   |    |
|---|----|
| GRÁFICO 1 - CURVA ABC .....                             | 41 |
| GRÁFICO 2 - NÍVEL DE ESTOQUE DO VERGALHÃO 3/8" .....    | 44 |
| GRÁFICO 3 - NÍVEL DE ESTOQUE DO VERGALHÃO 5/16" .....   | 45 |
| GRÁFICO 4 - NÍVEL DE ESTOQUE DO VERGALHÃO DE 1/2" ..... | 47 |
| GRÁFICO 5 - NÍVEL DE ESTOQUE DO VERGALHÃO 3/16" .....   | 48 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| TABELA 1 - FATOR DE SEGURANÇA.....           | 28 |
| TABELA 2 - DEMANDA HISTÓRICA .....           | 40 |
| TABELA 3 - CLASSIFICAÇÃO ABC .....           | 41 |
| TABELA 4 - MÉTODOS UTILIZADOS .....          | 42 |
| TABELA 5 - DADOS DO VERGALHÃO DE 3/8" .....  | 43 |
| TABELA 6 - DADOS DO VERGALHÃO DE 5/16" ..... | 44 |
| TABELA 7 - DADOS DO VERGALHÃO DE 1/2" .....  | 46 |
| TABELA 8 - DADOS DO VERGALHÃO DE 3/16" ..... | 48 |
| TABELA 9 - DADOS DO VERGALHÃO DE 1/4" .....  | 49 |

## LISTA DE SIGLAS

|           |                                       |
|-----------|---------------------------------------|
| $C_a$     | - Custo unitário do produto           |
| $C_e$     | - Custo do estoque                    |
| $C_p$     | - Custo por Pedido                    |
| D         | - Demanda                             |
| ES        | - Estoque de Segurança                |
| FS        | - Fator de Segurança                  |
| JIT       | - <i>Just in Time</i>                 |
| LEC       | - Lote Econômico de Compra            |
| LT        | - <i>Lead Time</i>                    |
| N         | - Número de pedidos                   |
| PCP       | - Planejamento e Controle da Produção |
| PP        | - Ponto de Pedido                     |
| $Q_{máx}$ | - Estoque máximo                      |

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....  | <b>15</b> |
| 1.1 JUSTIFICATIVA .....  | 16        |
| 1.2 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA.....   | 17        |
| 1.3 OBJETIVOS .....  | 17        |
| 1.3.1 Objetivo geral .....   | 17        |
| 1.3.2 Objetivos específicos.....   | 17        |
| 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....   | 18        |
| <b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....                                       | <b>19</b> |
| 2.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO.....                               | 19        |
| 2.2 ESTOQUE.....   | 21        |
| 2.2.1 Tipos de Estoque .....   | 22        |
| 2.3 CURVA ABC .....  | 23        |
| 2.4 CONCEITOS APLICÁVEIS DE GESTÃO DE ESTOQUE .....                        | 25        |
| 2.4.1 Previsão de Demanda .....  | 25        |
| 2.4.2 Suavização exponencial de Holt .....                                 | 26        |
| 2.4.3 Estoque de Segurança (ES).....                                       | 27        |
| 2.5 MODELOS DE GESTÃO DE ESTOQUES.....                                     | 28        |
| 2.5.1 Modelo de Lote Econômico de Compra (LEC) e Ponto de Pedido (PP)..... | 29        |
| 2.5.2 Modelo de Revisão Periódica.....                                     | 32        |
| 2.6 SISTEMA KANBAN .....   | 32        |
| 2.7 TRABALHOS CORRELATOS .....   | 33        |
| <b>3 METODOLOGIA</b> .....   | <b>35</b> |
| 3.1 METODOLOGIA UTILIZADA .....  | 35        |
| 3.2 ETAPAS DA PESQUISA.....  | 35        |
| <b>4 ESTUDO DE CASO</b> .....  | <b>37</b> |
| 4.1 FLUXOGRAMA DA EMPRESA.....   | 37        |
| 4.2 CARACTERIZAÇÃO DO ESTOQUE DA EMPRESA .....                             | 39        |
| <b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....                                     | <b>40</b> |
| 5.1 GRUPO A.....   | 42        |
| 5.1.1 Vergalhão de 3/8 polegadas.....                                      | 42        |
| 5.1.2 Vergalhão de 5/16 polegadas.....                                     | 44        |

|   |           |
|---|-----------|
| 5.2 GRUPO B.....  | 45        |
| 5.2.1 Vergalhão de 1/2 polegadas.....                             | 46        |
| 5.2.2 Vergalhão de 3/16 polegadas.....                            | 47        |
| 5.3 GRUPO C.....  | 49        |
| 5.4 APLICAÇÃO DO <i>KANBAN</i> .....                              | 49        |
| 5.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O MODELO PROPOSTO .....                   | 50        |
| <b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                               | <b>51</b> |
| 6.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....                    | 51        |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>   | <b>52</b> |
| <b>APÊNDICE 1 – DEMANDA PREVISTA PARA O VERGALHÃO 3/8” .....</b>  | <b>54</b> |
| <b>APÊNDICE 2 – DEMANDA PREVISTA PARA O VERGALHÃO 5/16” .....</b> | <b>56</b> |
| <b>ANEXO 1 – TABELA DE DISTRIBUIÇÃO NORMAL PADRÃO .....</b>       | <b>58</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Com o advento das Revoluções Industriais nas últimas décadas, a atuação da Engenharia de Produção nas indústrias tem se mostrado essencial dadas as mudanças com que as indústrias produzem seus produtos e administram suas empresas, bem como gerem seus sistemas produtivos. Com isso, é eminente a necessidade da busca pela melhoria contínua nos seus processos e produtos. Essa necessidade também é vista em relação a competitividade entre as empresas, na busca por menores custos e maiores resultados. Tais mudanças na produção expressaram também a necessidade de controlar e planejar melhor as atividades da produção como um todo: pessoas, processos, matéria prima, informações e máquinas (SLACK, 2002).

Segundo Corrêa, Gianesi e Caon (2017), é preciso planejar, programar e controlar os recursos do sistema produtivo das empresas em conjunto com os outros setores para se obter um resultado mais eficiente. O Planejamento e Controle da Produção (PCP) é o setor da produção da empresa que tem a função de sugerir estratégias para prever e tomar decisões para melhor atender as especificações dos clientes (menor prazo, maior qualidade) bem como dos proprietários (menor custo) juntamente com os setores de Compras, Suprimentos, Almoxarifado e Vendas.

De acordo com Tubino (1997), um PCP eficiente é aquele que consegue atender as exigências das empresas e de seus consumidores a curto, médio e longo prazos. Para atender tais exigências e demandas, as empresas buscam a otimização dos recursos e dos processos produtivos.

Uma das áreas da administração da produção que atua diretamente na otimização de recursos é o gerenciamento de estoque. Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009), estoques são a concentração de insumos e produtos, processados ou não, em um processo produtivo aguardando sua transformação.

Um gerenciamento de estoques eficiente e adequado para cada tipo de processo produtivo, auxilia na diminuição de atrasos para o atendimento da demanda ou na redução de estoque ocioso (GONTIJO et al., 2015). Ou seja, para cada organização é necessário verificar qual o tipo de estoque adequado para atender a demanda dos clientes visando a prioridade da empresa que pode ser: operacional ou financeira (POZO, 2010).

Com o exposto, o presente trabalho visa coletar e analisar dados de uma empresa na área de Construção Civil da cidade de Apucarana, no Paraná, com a finalidade de mostrar a importância do setor de Planejamento e Controle da Produção na empresa e principalmente em relação ao gerenciamento adequado de estoque e controle dos insumos da produção. Com o desenvolvimento de uma Curva ABC, será identificada a demanda da empresa em relação a matéria prima, bem como os níveis adequados de estoque, para então sugerir um sistema de gestão de estoque para programar os pedidos da matéria prima utilizada no setor de armação das ferragens do concreto armado e diminuir o atraso de entrega dos produtos acabados.

### 1.1 JUSTIFICATIVA

Um gerenciamento de estoque eficiente e eficaz resulta em um bom desempenho da empresa dentro do processo produtivo, pois auxilia no que, quando, quanto e como pedir, além de onde armazenar.

Tendo como base a análise da Empresa em questão e com fundamentação teórica adequada, a proposta deste trabalho é expor a importância de se utilizar estratégias e técnicas do PCP na produção de qualquer organização, e principalmente da empresa em estudo. Além disso, propor uma utilização correta de um sistema de gestão dos estoques a fim de não gerar problemas e gargalos na produção como: atrasos de pedidos, falha na quantidade do pedido, falha no método de compra, prazo de entrega, entre outras, que podem gerar principalmente a perda de produtividade da mão de obra quando há falta de matéria prima.

É fundamental o desenvolvimento de um Lote Econômico de Compra (LEC) de matéria prima para evitar que insumos fiquem ociosos, pois estes podem deteriorar-se com o tempo, além de evitar todos os custos que envolvem o armazenamento e a manutenção deste estoque.

## 1.2 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA

A empresa em estudo localizada na cidade de Apucarana é responsável pela fabricação e venda de estruturas metálicas e concreto armado pré-moldado. Dentro da empresa não foi verificada a existência de um PCP, o que gera dificuldades na gestão da produção como um todo, inclusive no gerenciamento de estoque.

O presente trabalho irá propor um modelo de gerenciamento de estoques de vergalhão utilizado para a produção de artefatos de concreto armado como: vigas, pilares e placas de concreto. A proposta busca a redução dos atrasos da produção, falta do produto no estoque, redução e economia na quantidade do estoque, melhoria no pedido, diminuição de custos e desperdícios.

Além do concreto armado a empresa oferece produtos relacionados a estrutura de fechamento metálico como: tesouras e arcos metálicos, bem como os acessórios necessários para o fechamento (agulhas, terças, esticadores e contraventamento) e telhas de aço.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo geral

Este trabalho tem por objetivo geral propor um modelo de gerenciamento de estoque de matéria prima de uma empresa do ramo de Construção Civil para o produto vergalhão em seus diversos tamanhos.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- a) Ter os processos e problemas da empresa devidamente identificados.
- b) Apresentar uma proposta de melhoria no pedido de compra e eficiência do estoque de matéria prima para atender a demanda da produção, giro do estoque e a redução do mesmo.

## 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho encontra-se dividido conforme segue:

O capítulo 1 apresentou uma introdução ao tema abordado, bem como o objetivo geral e os objetivos específicos. Foram apresentados também as delimitações do problema e as justificativas do trabalho.

No capítulo 2, são abordados temas relacionados com a administração da produção, PCP, gestão de estoque e suas ferramentas e aplicações práticas.

No capítulo 3 é apresentada a metodologia adotada para a realização deste trabalho.

No capítulo 4 é realizada a apresentação da empresa em estudo.

No capítulo 5 são realizadas aplicações referentes a gestão de estoque de maneira a atingir os objetivos geral e específicos deste trabalho.

Por fim, o capítulo 6 apresenta a conclusão desta pesquisa.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo apresentam-se as abordagens conceituais de diversos autores nas áreas relacionadas a Planejamento e Controle da Produção (PCP) e Gestão de Estoque que servirão como referencial teórico para este trabalho.

### 2.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

O objetivo de qualquer organização é obter lucro. Para isso se tornar realidade, é necessário que as empresas produzam e entreguem seus produtos e/ou serviços nos prazos. De acordo com Slack, Brandon-Jones e Johnston (2016) é preciso gerenciar de forma eficiente esses recursos, transformando insumos em produtos finais. Esses insumos podem ser em forma de matéria prima, mão de obra, capital, energia, informação, sendo transformados em produtos tangíveis (produtos) ou intangíveis (serviços).

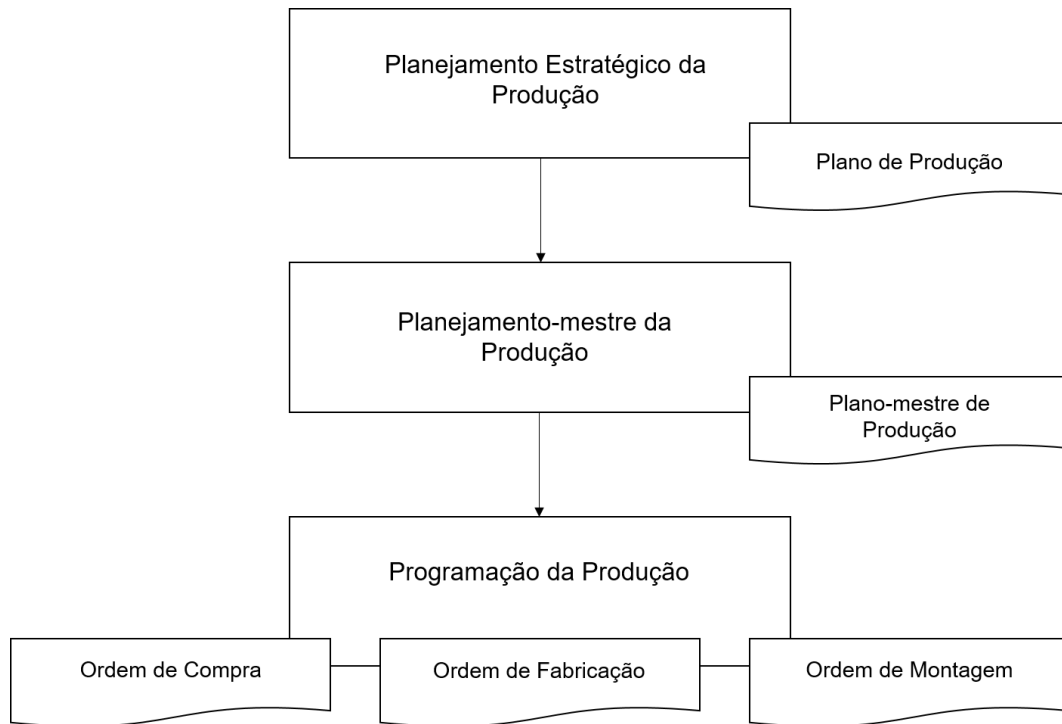
Segundo Tubino (2009), o PCP é o setor responsável por planejar e controlar todo o fluxo da produção dentro de uma organização em relação a quantidade, prazo, qualidade, custo de insumos e qualquer outro item relacionado ao sistema produtivo. É o PCP que toma a decisão do que, como, quanto, onde e quando produzir, comandando todo esse processo, recebendo e processando informações, bem como integrando a produção com os demais departamentos da empresa.

Para que a produção atinja os objetivos estratégicos e operacionais da empresa, o PCP colhe informações do produto de outros setores, como:

- a) Engenharia: desenho técnico, lista de materiais;
- b) Vendas: previsão de vendas (demanda prevista);
- c) Compras: pedidos de matéria prima.

Entre as principais funções do PCP estão: Planejamento Estratégico da Produção, Planejamento-mestre da Produção e Programação da Produção conforme apresentado na Figura 1:

FIGURA 1 - FLUXO DE INFORMAÇÕES E PCP



FONTE: adaptado de Tubino et al. (2009).

O planejamento estratégico da produção em uma empresa se caracteriza em um plano de produção para longo prazo direcionado à estratégia competitiva da empresa para a área de produção (TUBINO, 2000). Esse plano de produção propõe quantidade, qualidade, custo e tempo corretos de insumos básicos (matéria prima), recursos humanos (mão de obra) e instalações industriais (máquinas) de produção, para garantir a efetivação da estratégia proposta.

Após a realização do plano de produção, o próximo passo do PCP é desenvolver o planejamento-mestre da produção.

Segundo Corrêa, Gianesi e Caon (2017), o planejamento-mestre da produção tem como objetivo programar a necessidade dos clientes com os recursos da empresa. Em suma, o plano-mestre de produção divide o plano de produção a longo prazo em pequenos planos de médio prazo, ou seja, é a etapa mais importante do planejamento de uma organização, além de ser a fase com mais interação dos setores da empresa para troca de informações, quantidades e prazos.

Com a realização do plano de médio prazo, o próximo passo é programar a produção. Esta consiste em planejar e controlar a produção, seguindo o plano-mestre de produção garantindo a disponibilidade de mão de obra, matéria prima, ferramentas e informações para atender aos prazos estabelecidos pela demanda dos clientes (CORRÊA, GIANESI e CAON, 2017).

Dentro da programação da produção podem ser tomadas diferentes decisões dependendo dos diversos aspectos da produção da empresa. Existem dois tipos de produção: empurrada e puxada (CUNHA, WANDERLEY e FILHO, 2002). Na produção empurrada a empresa insere ou “empurra” seu produto no/ou para o mercado, produzindo independentemente da demanda. Essa abordagem costuma apresentar estoque altos de lotes médios/grandes e o controle é focado no produto. Já na produção puxada, a programação é feita de acordo com a solicitação do cliente, através do gerenciamento do estoque, para que a matéria prima esteja no momento e na quantidade certa no processo produtivo, pois o excesso ou a falta dos mesmos geram custos e desperdícios, bem como o não cumprimento dos prazos dos pedidos dos clientes.

Um dos sistemas que utiliza essa filosofia é o *Just-In-Time* (JIT), em português “no momento certo”. Essa técnica prioriza o mercado, no sentido de manter o atendimento aos clientes e minimizar os estoques de produtos em processo e matéria prima ociosa. Uma das ferramentas do JIT utilizadas na produção é o *kanban*, a qual fornece informações para a produção sobre quanto, quando e onde produzir através de ordens que podem ser de montagem, compra ou movimentação (LUSTOSA et al., 2008). A ferramenta será apresentada com maior clareza na seção 2.6.

## 2.2 ESTOQUE

Para Love et al. (1979, apud LUSTOSA, 2008), o estoque “é qualquer quantidade de produtos ou materiais, sob controle da empresa, em um estado relativamente ocioso, esperando por seu uso ou venda”.

As empresas devem decidir no planejamento estratégico sobre manter estoques acumulados na produção ou não. Slack, Brandon-Jones e Johnston (2016) apontam que é preciso analisar os benefícios e os possíveis prejuízos dessa decisão.

Levando em conta a competitividade do mercado, escolher um estoque menor na produção se torna uma vantagem competitiva, pois isso acarreta em menores custos e maior capital de giro (MARTELLI e DANDARO, 2015).

Para Ballou (1993), manter quantidades elevadas em estoque traz melhorias em relação ao nível da prestação dos serviços, possibilita economias nas requisições e no transporte, antecipa demandas futuras e também serve como diferencial na concorrência, pois diminui o tempo de espera para o cliente receber a mercadoria (pronto atendimento). Porém, a manutenção de estoques gera custos relacionados ao armazenamento, manuseio, perda por deterioração, além de ser um capital “parado” que poderia ser investido na própria empresa.

A gestão de estoque, portanto é responsável no planejamento da produção, por planejar e controlar os estoques, que podem ser de matéria prima, produtos em processamento ou produtos acabados.

### 2.2.1 Tipos de Estoque

A princípio, de acordo com Corrêa, Gianesi e Caon (2017), os estoques podem ser divididos entre: estoque de matérias-primas, estoques de materiais semiacabados e estoque de produtos acabados.

- a) Estoque de Matéria Prima: são os insumos utilizados na empresa para desenvolver os produtos que serão fabricados. A falta de matéria-prima reflete em todo o processo produtivo e pode acarretar em atraso de entregas. Portanto é essencial que este estoque seja gerenciado de modo mais adequado possível;
- b) Estoque de Material Semiacabado: esse material se encontra em um estágio intermediário da produção e já demonstra algum tipo de acabamento;
- c) Estoque de Produto Acabado: corresponde aos produtos finalizados e prontos para serem enviados aos clientes.

Em relação aos possíveis custos que um estoque pode apresentar para a empresa, Slack, Chambers e Johnston (2009) apontam que a falta de estoque acarreta em não atendimento na demanda, o que significa clientes insatisfeitos, e a

possível perda de vendas futuras. O estoque ocioso também aumenta custos pois este pode se deteriorar e ser destruído, além de custos relacionados a armazenagem (espaço).

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2009) os estoques podem ser classificados de acordo com suas funções:

- a) Estoque de Segurança (ou de proteção): esses estoques tem a função de compensar as incertezas do mercado, como atraso na entrega, rejeição do lote recebido ou aumento inesperado da demanda;
- b) Estoque de Ciclo: são caracterizados por pedidos de produtos em lotes maiores. O material é utilizado em múltiplos produtos ou diversas etapas da produção, portanto o custo do pedido de um lote maior significa uma economia de ressuprimento;
- c) Estoque de Antecipação: é empregado para produção de mercadorias que ficarão estocadas, antes mesmo do cliente pedir. Esse estoque antecipa a demanda de mercado caso haja um pico de vendas, por exemplo;
- d) Estoque no Canal de Distribuição: é implantado quando os produtos não podem ser entregues imediatamente para o cliente. São itens que a empresa deixa disponibilizado para o cliente em forma de “consignação”, ou seja, ele está em trânsito.

Para minimizar custos e conseqüentemente obter lucros, é função do gerenciador de PCP tomar a decisão de qual o melhor tipo de estoque para cada processo produtivo dentro da empresa.

### 2.3 CURVA ABC

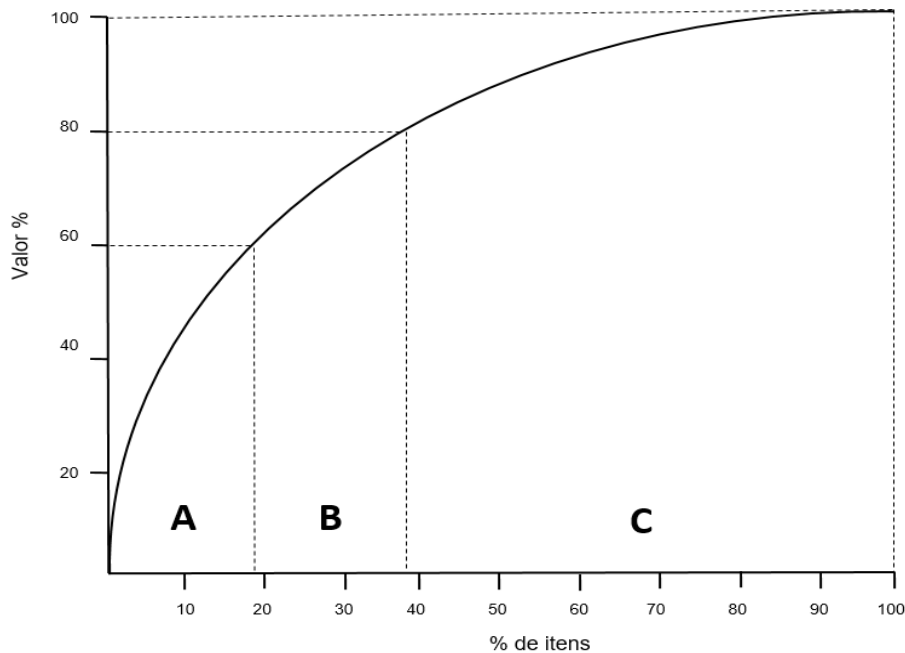
A curva ABC é um método que consiste em analisar a demanda dos estoques, separando os produtos por grupos em relação a sua importância. Esta técnica permite que os gestores intensifiquem seus esforços e investimentos nos produtos dos grupos de maior relevância (LUSTOSA et al., 2008).

Ainda segundo Lustosa et al. (2008), a curva ABC, também conhecida como Lei de Pareto, afirma que 80% dos efeitos no valor total do estoque são causados por 20% dos produtos. A classificação divide os estoques em três grupos: a classe A

representa os itens de maior importância (80% dos itens), a classe B é representada por aqueles de média importância (15% dos itens) e a classe C são os itens de menor importância (5% dos itens).

A classificação dos itens é obtida através da demanda do próprio item multiplicada pelo seu custo unitário.

FIGURA 2 - CURVA ABC



FONTE: adaptado de Lustosa et al. (2008).

Na Figura 2 nota-se que a quantidade de itens de baixa importância é mais significativa que os de itens de maior importância. A curva ABC mostra-se uma ferramenta essencial para priorizar os itens que realmente carecem maior atenção na gestão de estoque e evita esforços e custos desnecessários, pois o cuidado com os produtos com maior lucratividade da empresa é maior.

Gonçalves (2010) afirma que para o desenvolvimento da Curva ABC é necessário seguir um roteiro: 1) Levantar dados sobre o item a ser estudado em relação a quantidade, valor unitário e valor total; 2) De acordo com o valor total, classificar em ordem decrescente; 3) Calcular o percentual em relação ao valor unitário e o valor total, bem como o percentual acumulado; 4) Classificar os itens de acordo com o percentual já descrito anteriormente (80% Grupo A, 15% Grupo B e 5% Grupo C).

Para itens considerados críticos da curva ABC são usualmente utilizados sistemas de Máximos e Mínimos para controlar a quantidade de matéria prima do estoque. A quantidade mínima é representada pelo estoque mínimo e a máxima é representada pela soma do lote econômico de compra e o estoque de segurança, os quais serão abordados nas subseções 2.4.3 e 2.5.1.

## 2.4 CONCEITOS APLICÁVEIS DE GESTÃO DE ESTOQUE

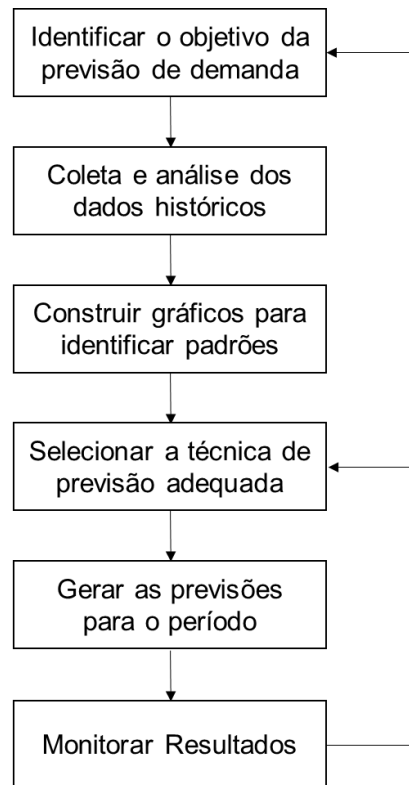
### 2.4.1 Previsão de Demanda

A tomada de decisão do gerenciador do estoque no momento de realizar um pedido nem sempre é fácil. A demanda de uma empresa está sempre relacionada com fatores externos, como sazonalidade, poder de compra, situação econômica, entre outros (TUBINO, 2009). Para auxiliar nas incertezas, a previsão de demanda é essencial para a empresa se programar a longo prazo. Esse mesmo autor mostra que o desenvolvimento de um modelo de Previsão de Demanda é dividido nas etapas apresentadas na Figura 3.

Ao ser definido o objetivo pelo qual será utilizado a previsão, quais produtos e recursos estão disponíveis para a previsão, são coletados os dados históricos do produto para então identificar e desenvolver a técnica de previsão que melhor se adapte. Quanto maior a quantidade de dados coletados mais confiável e fundamentada será a previsão.

As técnicas utilizadas para a previsão de demanda se dividem em: qualitativas e quantitativas. A primeira, leva em consideração dados subjetivos, ou seja, que não possuem dados históricos, portanto são de difícil análise numérica. São exemplos de análises qualitativas produtos novos que serão inseridos no mercado. Técnicas quantitativas são modelos numéricos propostos para produtos que possuem dados históricos e deseja-se projetar a demanda futura. Com tais dados é possível a identificação de padrões que possam influenciar dados futuros (TUBINO, 2009).

FIGURA 3 - ETAPAS DA PREVISÃO DE DEMANDA



FONTE: adaptado de Tubino (2009).

Dentro da técnica quantitativa, existem subgrupos que podem ser divididos em: séries temporais e correlações. As técnicas de séries temporais são desenvolvidas apenas com os dados históricos, já as correlações obtêm resultado da influência de variáveis no comportamento da demanda histórica.

Para Tubino (2009), séries temporais utilizam a demanda histórica para projetar os valores futuros da demanda. Tais séries podem apresentar tendência (movimento linear), sazonalidade (oscila conforme determinado período), ciclo (oscila a longo prazo em torno da tendência) e componente aleatória (oscilações não previstas).

#### 2.4.2 Suavização exponencial de Holt

Um dos exemplos de modelos que podem ser utilizados para previsão de demanda é o modelo de suavização exponencial de Holt, também conhecida como suavização exponencial de dois parâmetros. Este modelo é normalmente utilizado em

demandas com tendência linear, porém que não apresentam sazonalidade (LIMA et al., 2015).

A previsão no período (t) é calculada utilizando valores da demanda histórica para encontrar uma estimativa de nível e a tendência da série.

$$Y_{(t+k)} = Y_{(t)} + k.T_{(t)}$$

$$Y_{(t)} = \alpha.Y_{(t-1)} + (1 - \alpha)(Y_{(t-1)} + T_{(t-1)})$$

$$T_{(t)} = \beta(Y_{(t)} - Y_{(t-1)}) + (1 - \beta)T_{(t-1)}$$

Onde:

$Y_{(t)}$  = componente de nível

$T_{(t)}$  = componente de tendência

$Y_{(t+k)}$  = previsão para k períodos

$\alpha$  = coeficiente de suavização da componente de nível  $Y_{(t)}$  ( $0 < \alpha < 1$ )

$\beta$  = coeficiente de suavização da componente tendência  $T_{(t)}$  ( $0 < \beta < 1$ )

Com esse método é possível prever a demanda para um número k de períodos a frente.

#### 2.4.3 Estoque de Segurança (ES)

Tendo em vista a insegurança na entrega dos insumos perante os fornecedores, bem como as variações da demanda durante o tempo de ressuprimento, torna-se necessário a determinação de um estoque de segurança nas empresas (MORAES e NUNES, 2017).

Para dimensionar o ES leva-se em consideração o tempo de ressuprimento (*lead time*), o desvio padrão da demanda e o fator de segurança. O *lead time* (LT) é o tempo entre a percepção da necessidade do insumo e a efetivação do pedido até o momento que esse pedido é acrescentado ao estoque. Este tempo é estimado através de históricos de compra com os fornecedores (BALLOU, 1993).

O fator de segurança varia conforme o nível de serviço (grau de atendimento) que a empresa deseja alcançar. Se uma organização deseja um nível de 95%, por exemplo, significa ter 95% de possibilidade de não faltar estoque. A Tabela 1 demonstra o fator de segurança relacionado ao nível de serviço escolhido, ou seja, o valor correspondente na Tabela de Distribuição Normal (ANEXO 1).

TABELA 1 - FATOR DE SEGURANÇA

| Nível de Serviço | Fator de Segurança |
|------------------|--------------------|
| 80%              | 0,85               |
| 85%              | 1,04               |
| 90%              | 1,29               |
| 95%              | 1,65               |
| 99%              | 3,62               |

FONTE: O autor (2018).

A tomada de decisão no nível de serviço que se almeja atingir, varia com o tamanho de estoque que o gestor da empresa deseja obter. A prioridade de cada empresa varia em relação a escolher ter mais ou menos estoque, pois, quanto maior o nível de serviço, maior o nível de estoque (POZO, 2010).

$$ES = FS \cdot \sigma \cdot \sqrt{LT}$$

Onde:

*FS* = Fator de Segurança

$\sigma$  = desvio padrão da demanda

*LT* = Lead Time

## 2.5 MODELOS DE GESTÃO DE ESTOQUES

Para auxiliar a tomada de decisão do gestor em escolher o método adequado para cada insumo, a literatura traz diversos modelos que podem ser aplicados nas empresas.

### 2.5.1 Modelo de Lote Econômico de Compra (LEC) e Ponto de Pedido (PP)

Segundo Corrêa, Giansesi e Caon (2017), o cálculo do Lote Econômico de Compra tem como objetivo encontrar o tamanho ideal do lote de insumos que será pedido, levando em consideração a sua demanda e seus custos anuais conforme equação a seguir.

$$LEC = \sqrt{\frac{2.D.C_p}{C_e}}$$

Em que:

$D$  = Demanda

$C_p$  = Custo de pedido

$C_e$  = Custo do estoque

Onde:

$$C_e = i.C_a$$

$i$  = Taxa de manutenção do estoque

$C_a$  = Custo Unitário do produto

Os custos de pedido ( $C_p$ ) são custos que estão diretamente relacionados ao processo de aquisição das quantidades solicitadas para a reposição de insumos no estoque (CORRÊA, GIANESI E CAON, 2017), ou seja, associados desde o momento do pedido da ordem de compra (fornecedores, funcionários, energia, *softwares*, telefone, entre outros).

A taxa de manutenção ( $i$ ) está associada ao valor de armazenamento deste estoque, ou seja, quanto ele custa para a empresa (CORRÊA e CORRÊA, 2013). Todo armazenamento gera custos para a organização, variando de acordo com o volume armazenado, por exemplo: depreciação, salários de funcionários responsáveis, aluguel, impostos, energia, deterioração, seguro, obsolescência, conservação e equipamentos de movimentação. Esta taxa pode ser calculada também através do valor que ela representa, um “capital empatado”. O custo deste capital pode ser representado pela taxa de juros SELIC (Sistema Especial de Liquidação e de Custódia). Cabe a empresa decidir aplicar o capital no próprio

negócio, que seria a compra de matéria prima (estoque), ou direcionar o dinheiro em aplicações confiáveis como por exemplo, a SELIC.

Para calcular o valor do custo total de estoques gastos na empresa leva-se em consideração custos diretos, custos de obtenção, de manutenção e de falta. A equação para o cálculo do custo total é apresentada a seguir.

$$Ct = \frac{Q}{2} \cdot Ce + \frac{D}{Q} \cdot Cp + D \cdot Ca + Ce \cdot ES$$

Onde:

$Q$  = lote de pedido

$C_e$  = Custo do estoque

$D$  = Demanda

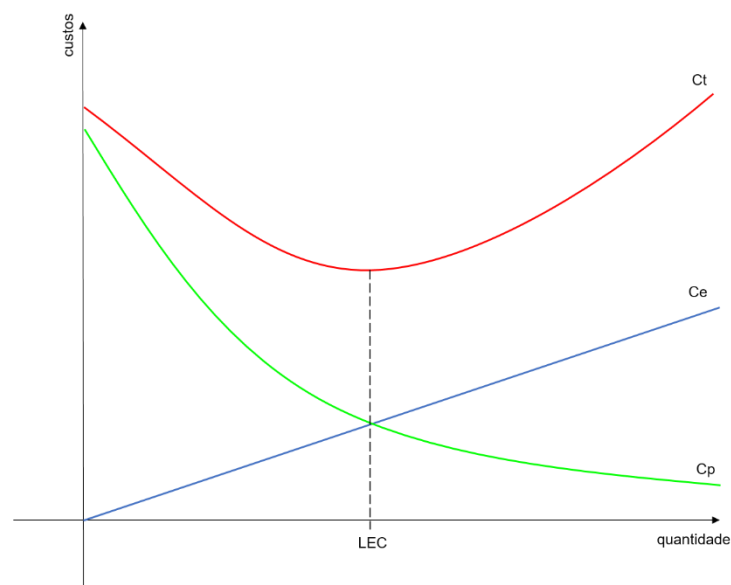
$C_p$  = Custo de pedido

$C_a$  = Custo Unitário do produto

$ES$  = Estoque de Segurança

A Figura 4 retrata que o valor mínimo do custo total corresponde à quantidade ótima de pedido, ou seja, o Lote Econômico de Compra, em que quanto maior o tamanho do lote, menor é o custo de pedido.

FIGURA 4 - CUSTO TOTAL EM RELAÇÃO AO LEC



FONTE: O autor (2018).

Para mensurar a quantidade de pedidos (N) que serão efetuados em um determinado período, utiliza-se a equação a seguir:

$$N = \frac{D}{LEC}$$

Quando o estoque chega no ponto de pedido, uma ordem de pedido é omitida, onde o tamanho do lote a ser comprado é o LEC. É necessário o monitoramento contínuo a esse cálculo devido ao aumento dos custos, bem como a mudança na demanda (BALLOU, 1993).

O ponto de Ressuprimento ou de Pedido é o momento em que se indica a compra de um novo LEC. O ponto de pedido é calculado por:

$$PP = D \cdot LT + ES$$

Onde:

*D = Demanda*

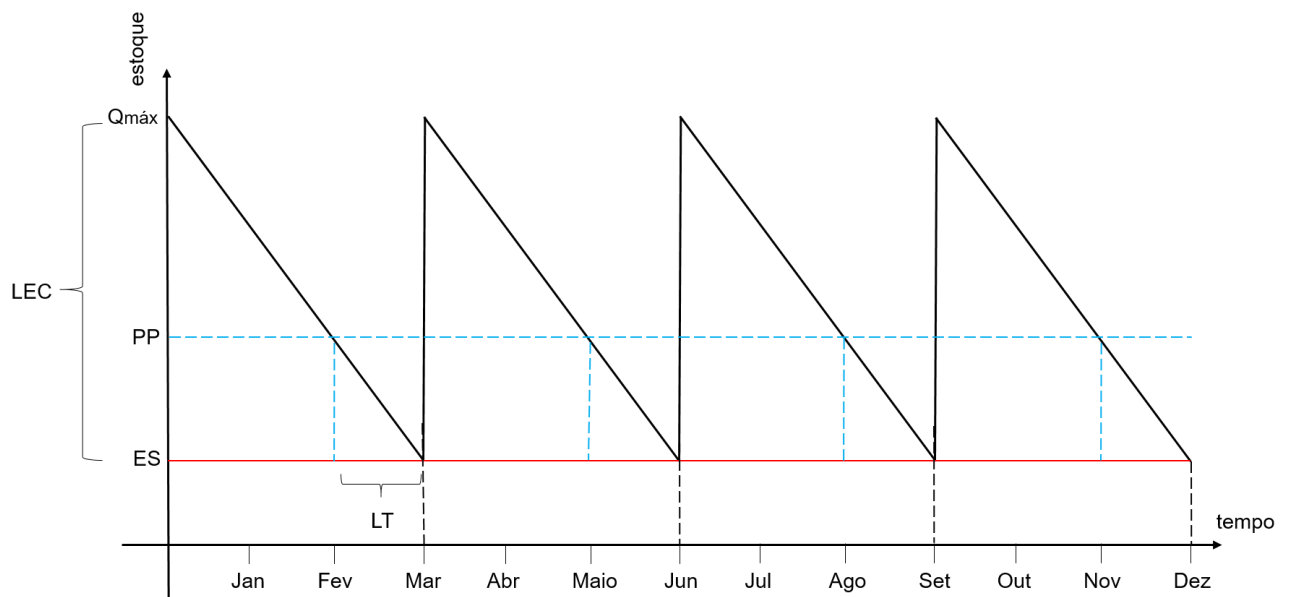
*LT = Lead time*

*ES = Estoque de Segurança*

Para este método de gestão de estoque é usual a utilização do gráfico conhecido como “curva de nível de estoques” ou “nível de estoque”, apresentado na Figura 5. Com esta representação visual é possível perceber qual o momento necessário para efetuar o pedido de ressuprimento (CORRÊA, GIANESI e CAON, 2017).

O estoque máximo ( $Q_{\text{máx}}$ ) é a soma do LEC adicionando o tamanho do ES, e representa o momento em que o LEC é adicionado ao estoque. Ao chegar no ponto de pedido, a ordem de compra é acionada e demora o período do LT para chegar a empresa e ser novamente adicionado ao estoque. Se o LT for maior que o previsto, utiliza-se o ES. O número de pedidos realizados em um determinado período (N) é representado pelo número de ciclos de pedidos (CORRÊA, GIANESI e CAON, 2017).

FIGURA 5 - NÍVEL DE ESTOQUE



FONTE: adaptado de Corrêa, Giansesi e Caon, 2017.

### 2.5.2 Modelo de Revisão Periódica

No Modelo de Revisão Periódica, o tamanho do lote a ser pedido varia de acordo com a quantidade utilizada e do nível máximo de estoque pré-estabelecido (LEC), ou seja, o gerenciador de estoque emite a ordem de compra apenas com a quantidade que falta do estoque máximo, para repor a quantidade utilizada. Por ser um método mais simples, usualmente se apresenta como um modelo de baixo custo (CORRÊA, GIANESI e CAON, 2017). Portanto, a quantidade a ser pedida é igual ao Nível Máximo de Estoque menos o Estoque atual.

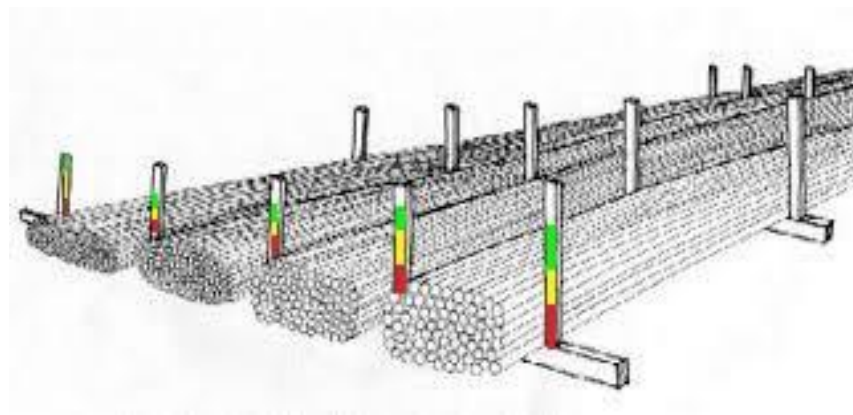
### 2.6 SISTEMA KANBAN

O modelo de sistema *Kanban* é uma ferramenta da qualidade utilizada como representação visual a fim de controlar o fluxo de produção exibindo dados para o funcionário responsável pela função. A aplicação do *Kanban* para o gerenciamento de estoques é determinada pelo nível de insumos no estoque, indicando o momento de reposição do estoque (PEINADO e GRAEML, 2007).

Normalmente são utilizadas 3 cores que se diferenciam pela quantidade de estoque existente: vermelho, amarelo e verde. O verde aponta que o nível de estoque está adequado, o amarelo indica atenção, para a antecipação de pedidos de compra, e o vermelho atua como um estoque de segurança.

A Figura 6 mostra um *kanban* utilizado em um estoque de vergalhão apresentando os níveis de estoque máximo, ponto de pedido e estoque de segurança.

FIGURA 6 - EXEMPLO DE KANBAN EM ESTOQUE DE VERGALHÃO



FONTE: adaptado de NBR 7480, 2007.

## 2.7 TRABALHOS CORRELATOS

Silva et al. (2016) apresenta em seu trabalho o cálculo do LEC e o desenvolvimento da curva ABC em uma empresa gráfica do Rio Grande do Sul, a fim de organizar seu estoque, bem como otimizar processos de ordem de compra. Os autores identificaram através da curva ABC os itens de maior importância da empresa, e calcularam o LEC para estes itens. Após a determinação do LEC foi realizada uma comparação do lote determinado pelos autores e o tempo entre os pedidos com o pedido de compra realizado pela empresa e constatou-se que o tamanho e a frequência dos pedidos foram muito próximos. Concluiu-se que uma melhor gestão do estoque através do estudo da tomada de decisão diminui o risco de aumentar os custos da produção com ordens de pedidos errados.

A pesquisa de Costa Junior, Costa Neto e Pimentel (2017) apresentou um estudo de caso realizado em uma empresa do setor comercial de Belém, com o objetivo de propor a empresa um modelo de gerenciamento de estoque, mensurando valores de LEC, PP, LT e ES, afim de garantir um bom planejamento, bem como melhoria na tomada de decisões. Aplicou-se a curva ABC para identificar os produtos da classe A, B e C, e realizou-se a previsão de demanda baseada em séries temporais utilizando da técnica de média exponencial móvel. Com a determinação do LEC e do PP na empresa concluiu-se que fazer um bom gerenciamento de estoque é essencial para a diminuição de custos na empresa e, conseqüentemente aumento de lucros, bem como abater perdas e estoques obsoletos.

Moraes e Nunes (2017) apresentaram um estudo em uma empresa metal-mecânica, com o intuito de dimensionar os estoques de segurança aplicando conceitos da curva ABC para determinar produtos mais e menos importantes. Foram coletados dados em relação a demanda do produto, dados de fornecedores em relação ao *lead time* e custo unitário dos itens. Com o resultado da pesquisa verificou-se um planejamento adequado do estoque, o que reduziu custos de estoque na empresa: anteriormente o estoque era de R\$ 217.834,33 e passou a ser R\$ 69.697,10, o que aumentou o capital de giro da empresa.

### 3 METODOLOGIA

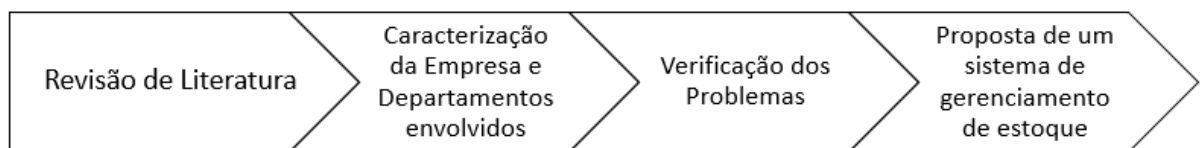
De acordo com Demo (2000) a definição de qual metodologia se utilizar em uma pesquisa é de suma importância para que o trabalho siga uma sequência de passos corretos da abordagem metodológica mais adequada, para gerar um conteúdo científico válido para a área, neste caso, da Engenharia de Produção.

#### 3.1 METODOLOGIA UTILIZADA

Este trabalho pode ser definido como uma pesquisa exploratória e quantitativa, tendo inicialmente caráter bibliográfico e posteriormente, característica de estudo de caso. A pesquisa bibliográfica faz um apanhado de pesquisas e autores da área em estudo, por meio de livros, periódicos, artigos publicados em anais, e em pesquisas com o mesmo assunto: monografias e dissertações. O estudo de caso oferece roteiro para a análise dos dados levantados na empresa em questão, a fim de propor uma solução para os problemas encontrados através do conhecimento teórico por meio de uma prática já existente na literatura (GIL, 2009).

O roteiro utilizado para decidir a metodologia adequada seguiu o esquema apresentado na Figura 7:

FIGURA 7 - ESQUEMA DE ROTEIRO DA PESQUISA



FONTE: O autor (2018).

#### 3.2 ETAPAS DA PESQUISA

Conforme observadas as necessidades da empresa de uma melhoria no recebimento e gerenciamento dos estoques de matéria prima, além de programar e controlar melhor as quantidades dos pedidos e os prazos de entrega dos clientes, foram iniciados os procedimentos para obtenção de dados: inicialmente uma pesquisa

bibliográfica com o intuito de fornecer um suporte conceitual sobre PCP, Gestão de Estoques e suas ferramentas principalmente na área de Construção Civil. Em um segundo momento, diretamente com a empresa, a obtenção dos dados por meio de reuniões agendadas com responsável da empresa, análise de documentação para levantamento de dados históricos da empresa, para compreender o processo produtivo e verificar os gargalos. Tais dados foram obtidos com os funcionários responsáveis na empresa pelos setores de Compras, PCP e Engenharia.

Com o levantamento de dados através de *software* de Planilha Eletrônica foi possível observar a maneira com que a empresa planeja e controla o estoque e a compra de matéria prima, para então elaborar um modelo de gerenciamento de estoque a ser utilizado no setor de produção seguindo os passos da Figura 8.

FIGURA 8 - FLUXOGRAMA DA PESQUISA

Pesquisa Bibliográfica

- Levantamento de ferramentas utilizadas para o Gerenciamento de Estoque.

Obtenção de dados

- Levantamento de informações e demandas dos insumos a serem estudados.

Curva ABC

- Definição do método de abordagem para cada insumo.

Proposta de modelo

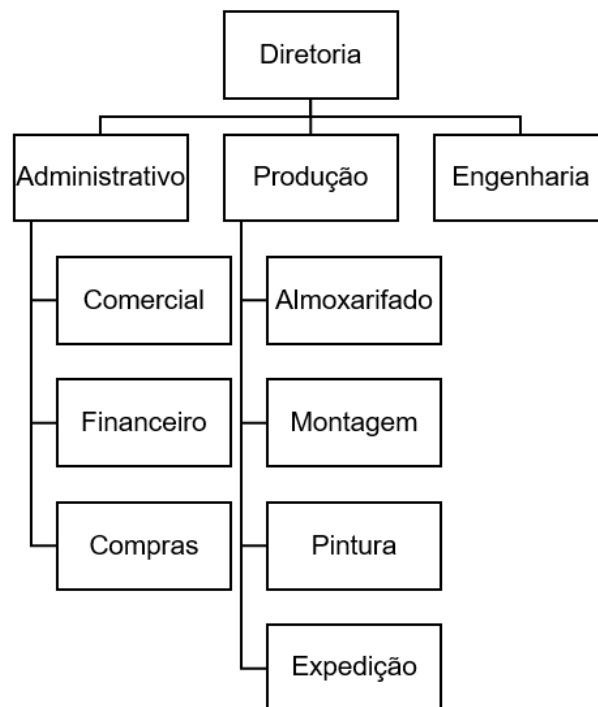
- Desenvolvimento de previsão de demanda, LEC, ponto de pedido, estoque de segurança para cada insumo para propor para a empresa.

FONTE: O autor (2018).

## 4 ESTUDO DE CASO

Este estudo de caso foi realizado em uma empresa do ramo de construção civil que trabalha há mais de 25 anos na cidade de Apucarana e na região do Vale do Ivaí. Suas atividades são construções de barracões e galpões tanto comerciais quanto industriais, desde sua fundação até fechamento e cobertura com estruturas metálicas. O organograma da empresa é apresentado na Figura 9. O número de colaboradores da empresa é de 25 trabalhadores, divididos em setores de administrativo, engenharia e produção: pintura, montagem, expedição e almoxarifado.

FIGURA 9 - ORGANOGRAMA



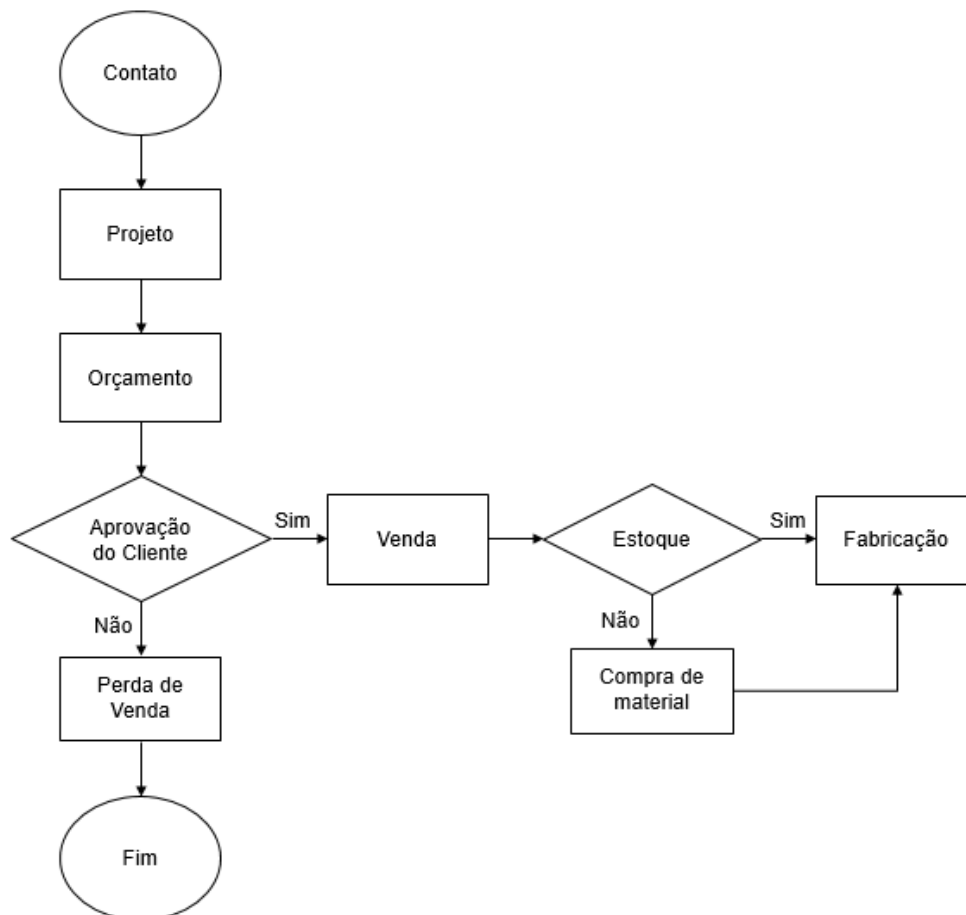
FONTE: O autor (2018).

### 4.1 FLUXOGRAMA DA EMPRESA

O Fluxograma apresentado na Figura 10 demonstra o fluxo do processo desde o contato com o cliente até a fabricação ou não do produto. O processo se inicia com o contato do cliente e a partir da solicitação do orçamento, um técnico é deslocado até o local da obra para levantamento de medidas para elaboração do

desenho técnico no Auto CAD<sup>1</sup>. Por meio do desenho, faz-se o levantamento quantitativo completo da obra para elaboração do orçamento. O orçamento é encaminhado ao cliente, e quando existe necessidade de alguma mudança, a modificação é realizada e o orçamento é reenviado. Se a necessidade do cliente é atendida, o orçamento converte-se em pedido, e este é passado para a produção. O almoxarifado verifica a disponibilidade de estoque de matéria prima, e quando a quantidade não é suficiente, é solicitada uma ordem de compra de material para o departamento de compras. O almoxarifado recebe e confere a chegada dos produtos solicitados, e informa o setor de produção, onde é efetivada a ordem de fabricação.

FIGURA 10 - FLUXOGRAMA



FONTE: O autor (2018).

---

<sup>1</sup> <https://www.autodesk.com.br/products/autocad/overview>

## 4.2 CARACTERIZAÇÃO DO ESTOQUE DA EMPRESA

A empresa estudada apresenta atualmente três tipos de estoque: estoque de matéria prima, estoque de produto semiacabado e estoque de produto acabado. Esta pesquisa se concentrou no estoque de matéria prima de vergalhão em seus diversos diâmetros. Por serem materiais de manuseamento e transporte difíceis devido ao seu comprimento e peso, os mesmos ficam estocados ao lado da área de dobra e armação. A Figura 11 (a) e (b) apresenta o local onde os materiais ficam depositados.

FIGURA 11 - ESTOQUE DE MATÉRIA PRIMA



FONTE: O autor (2018).

Nota-se que o estoque de vergalhão não é organizado corretamente e os variados tamanhos de diâmetro ficam misturados. O pedido de matéria prima sem embasamento e maior que o necessário, como acontece na empresa, acarreta no produto ocioso e que pode se deteriorar com o tempo devido a exposição ao sol e chuva.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o intuito de diminuir atrasos e desperdícios, um modelo de gestão de estoque adequado impacta diretamente na lucratividade da empresa, portanto, foram desenvolvidas diferentes abordagens para cada insumo, dependendo da sua importância na produção. Para determinar a importância significativa de cada vergalhão, foi elaborada a curva ABC.

Com dados coletados na empresa referente a quantidade e preço unitário de todos os vergalhões utilizados na empresa em um período de um ano (agosto de 2017 a julho de 2018), apresentados na Tabela 2, foi possível determinar a demanda anual dos insumos.

TABELA 2 - DEMANDA HISTÓRICA

| Vergalhão | Ago<br>2017 | Set<br>2017 | Out<br>2017 | Nov<br>2017 | Dez<br>2017 | Jan<br>2018 | Fev<br>2018 | Mar<br>2018 | Abr<br>2018 | Mai<br>2018 | Jun<br>2018 | Jul<br>2018 | TOTAL |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|
| 3/16"     | 200         | 200         | 200         | 150         | 100         | 100         | 100         | 150         | 150         | 250         | 150         | 150         | 1900  |
| 1/4"      | 0           | 0           | 80          | 0           | 0           | 80          | 0           | 0           | 80          | 80          | 60          | 60          | 360   |
| 5/16"     | 120         | 100         | 100         | 80          | 80          | 120         | 150         | 120         | 150         | 120         | 80          | 100         | 1320  |
| 3/8"      | 120         | 100         | 100         | 50          | 50          | 120         | 120         | 100         | 100         | 150         | 100         | 100         | 1210  |
| 1/2"      | 30          | 50          | 70          | 50          | 0           | 0           | 0           | 0           | 50          | 40          | 60          | 50          | 400   |

FONTE: O autor (2018).

De acordo com a demanda anual, e aplicando conceitos da Curva ABC, obtivemos os itens de custo mais representativo. Ou seja, itens que possuem maior relevância na gestão de estoque e necessitam de um método de pedido mais aprimorado.

Com os dados da Tabela 3, foi desenvolvido o gráfico da curva ABC (Gráfico 1), onde foram priorizados os insumos de maior relevância: Vergalhão de 3/8 polegadas e 5/16 polegadas, pertencendo dessa forma a produtos do Grupo A, e, portanto, que necessitam uma maior atenção pela gestão de estoque de matéria prima apropriado para suprir a demanda. Já os vergalhões de 1/2 e 3/16 polegadas foram alocados ao grupo B, e o vergalhão de 1/4 polegadas ao grupo C.

TABELA 3 - CLASSIFICAÇÃO ABC

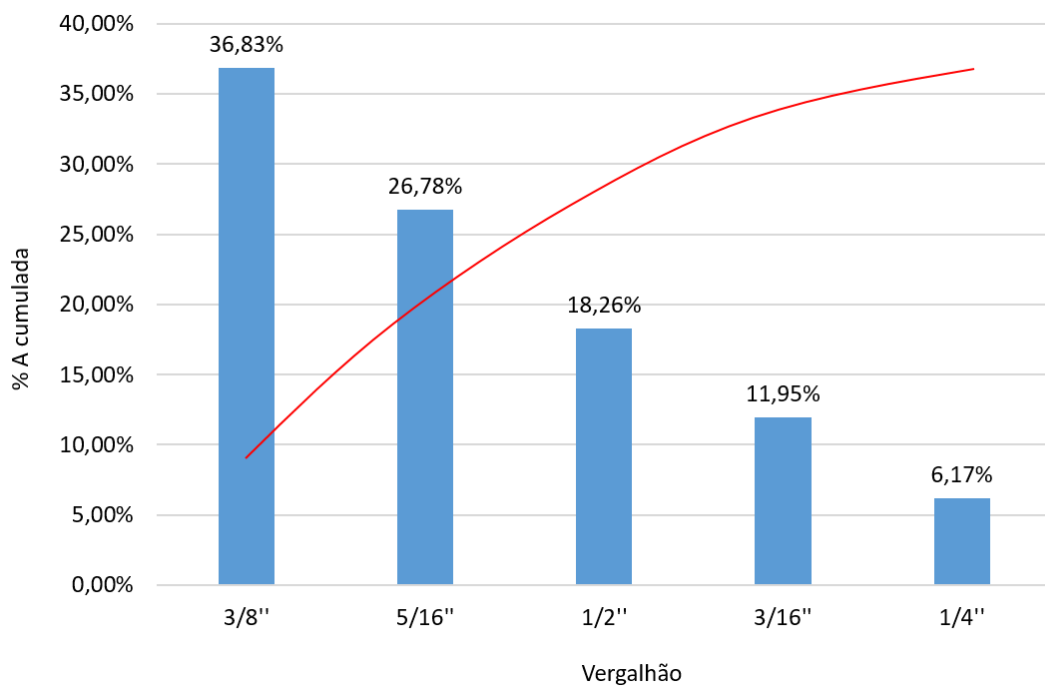
| Vergalhão | Quantidade Utilizada | Preço Unitário (R\$) | Preço Anual (R\$) | Percentual | Percentual Acumulado | Grupo |
|-----------|----------------------|----------------------|-------------------|------------|----------------------|-------|
| 3/8"      | 1210                 | 30,00                | 36.600,00         | 36,83%     | 36,83%               | A     |
| 5/16"     | 1320                 | 20,00                | 26.400,00         | 26,78%     | 63,61%               |       |
| 1/2"      | 400                  | 45,00                | 18.000,00         | 18,26%     | 81,88%               | B     |
| 3/16"     | 1900                 | 6,20                 | 11.780,00         | 11,95%     | 93,83%               |       |
| 1/4"      | 360                  | 16,90                | 6.084,00          | 6,17%      | 100%                 | C     |

FONTE: O autor (2018).

É possível verificar também, que os dois produtos alocados no grupo A representam aproximadamente 64% da produção total da empresa, ou seja, os itens críticos que não podem faltar no estoque.

O vergalhão de tamanho 3/16" apesar de apresentar a maior demanda na empresa, tem um valor representativo menor em relação aos outros vergalhões, com exceção do vergalhão de 1/4".

GRÁFICO 1 - CURVA ABC



FONTE: O autor (2018).

Para o desenvolvimento da gestão de estoque foram divididos os itens conforme resultado da curva ABC em grupos de maior a menor relevância, e assim proposta a melhor abordagem para cada grupo conforme apresentado na Tabela 4.

TABELA 4 - MÉTODOS UTILIZADOS

| <b>Grupo</b> | <b>Método</b>  |
|--------------|--|
| A            | Previsão de demanda, Lote econômico de compra, Estoque de segurança e Ponto de pedido. |
| B            | Lote econômico de compra, Estoque de segurança e Ponto de pedido.                      |
| C            | Estoque Mínimo e Revisão periódica.  |

FONTE: O autor (2018).

## 5.1 GRUPO A

Itens pertencentes ao Grupo A, necessita-se de uma abordagem mais aprimorada de gestão de estoque, portanto, foram desenvolvidos métodos de previsão da demanda, determinação de um LEC e ponto de reposição.

Para o cálculo da previsão da demanda para os dois tamanhos de vergalhão, foram coletados dados referentes ao consumo dos últimos três anos. A previsão de demanda foi realizada a partir do método de Suavização exponencial de Holt, apresentados nas equações da subseção 2.4.2. Tal método foi escolhido devido a característica de demanda dos insumos ser com tendência linear, mas não apresentarem sazonalidade. Ainda sobre o método, os parâmetros ( $\alpha$  e  $\beta$ ) utilizados para a previsão foram determinados a partir da ferramenta *Solver* da planilha eletrônica.

### 5.1.1 Vergalhão de 3/8 polegadas

Conforme dados históricos de demanda do vergalhão 3/8", foram obtidas as demandas previstas para os próximos 12 meses de acordo com tabela e gráfico apresentados no Apêndice 1, e para o cálculo do LEC os dados obtidos junto a

empresa em relação a custos do pedido e custo unitário do vergalhão 3/8". Utilizou-se da demanda prevista para os próximos 12 meses e taxa de armazenamento de acordo com a taxa SELIC para o período de um ano.

Para o cálculo do ES foram obtidos dados referentes ao *lead time* do fornecedor, fator de segurança e desvio padrão da demanda prevista (ANEXO 1). O cálculo do PP partiu de dados referentes a demanda prevista, *lead time* do fornecedor e resultado do ES.

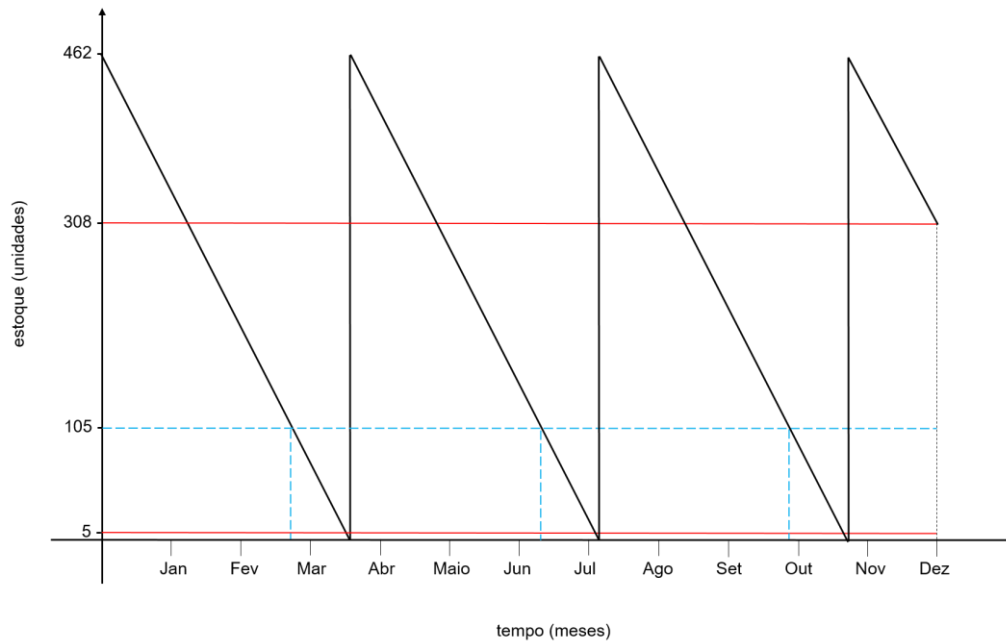
TABELA 5 - DADOS DO VERGALHÃO DE 3/8"

|  |             |
|--|-------------|
| Demanda Prevista (D)                           | 1520        |
| Custo do Pedido ( $C_p$ )                      | R\$ 130,00  |
| Custo Unitário ( $C_a$ )                       | R\$ 30,00   |
| Taxa de manutenção (i)                         | 6,312%      |
| Lote Econômico de Compra (LEC)                 | 457         |
| Fator de Segurança (FS)                        | 1,65 – 95%  |
| Desvio padrão da demanda prevista ( $\sigma$ ) | 9,851       |
| <i>Lead time</i> (LT)                          | 0,0657 dias |
| Estoque de Segurança (ES)                      | 5           |
| Ponto de Pedido (PP)                           | 105         |
| Número de pedidos no ano (N)                   | 3           |
| Estoque Máximo ( $Q_{máx}$ )                   | 462         |

FONTE: O autor (2018).

A Tabela 5 apresenta os valores utilizados para cálculo dos parâmetros para o desenvolvimento do gráfico de nível de estoque para o vergalhão 3/8" apresentado no Gráfico 2, onde o estoque ao chegar no nível de 105 unidades deve-se emitir a ordem de compra de matéria prima para reposição na quantidade do lote econômico de pedido de 457 unidades. Se o pedido atrasar, o estoque de segurança deverá ser utilizado. Ao final de 12 meses, o estoque existente poderá ser de 308 conforme apresentado no Gráfico 2.

GRÁFICO 2 - NÍVEL DE ESTOQUE DO VERGALHÃO 3/8"



FONTE: O autor (2018).

### 5.1.2 Vergalhão de 5/16 polegadas

Seguindo os mesmos passos para obtenção de dados do vergalhão 3/8", determinaram-se os parâmetros do estoque para o vergalhão 5/16" conforme é apresentado na Tabela 6. A demanda prevista foi obtida para os próximos 12 meses de acordo com tabela e gráfico apresentados no Apêndice 2.

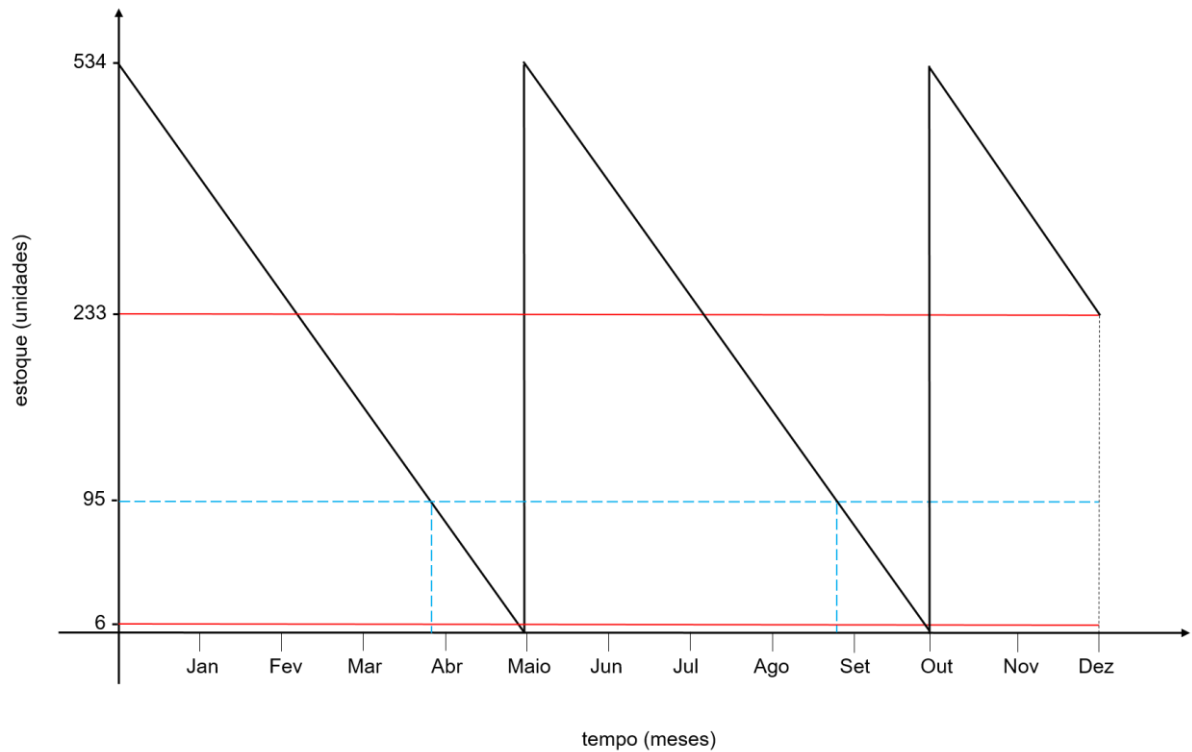
TABELA 6 - DADOS DO VERGALHÃO DE 5/16"

|  |             |
|--|-------------|
| Demanda Prevista (D)                           | 1351        |
| Custo do Pedido ( $C_p$ )                      | R\$ 130,00  |
| Custo Unitário ( $C_a$ )                       | R\$ 20,00   |
| Taxa de manutenção (i)                         | 6,312%      |
| Lote Econômico de Compra (LEC)                 | 528         |
| Fator de Segurança (FS)                        | 1,65 – 95%  |
| Desvio padrão da demanda prevista ( $\sigma$ ) | 14,092      |
| <i>Lead time</i> (LT)                          | 0,0657 dias |
| Estoque de Segurança (ES)                      | 6           |
| Ponto de Pedido (PP)                           | 95          |
| Número de pedidos no ano (N)                   | 2           |
| Estoque Máximo ( $Q_{m\acute{a}x}$ )           | 534         |

FONTE: O autor (2018).

Ao encontrar os dados referentes ao LEC, PP, ES, N e  $Q_{\max}$ , foi possível determinar os níveis de estoque para o vergalhão 5/16" conforme o Gráfico 3.

GRÁFICO 3 - NÍVEL DE ESTOQUE DO VERGALHÃO 5/16"



FONTE: O autor (2018).

O gráfico de nível de estoque do vergalhão de 5/16 polegadas demonstra que a ordem de pedido deverá ser emitida quando o estoque chegar em 95 unidades no estoque. O valor de ES é de 6 unidades, e ao final de 12 meses é previsto a existência de 233 unidades no estoque.

## 5.2 GRUPO B

Os itens considerados de média importância pela curva ABC, portanto, pertencentes ao grupo B foram os vergalhões de 1/2 polegada e 3/16 polegadas. Para esses insumos foram utilizados métodos de máximos e mínimos, bem como ponto de pedido.

### 5.2.1 Vergalhão de 1/2 polegadas

Para o vergalhão de tamanho 1/2 polegadas foram utilizados dados referentes a demanda histórica, diferente do utilizado no Grupo A, devido à importância classificada na curva ABC. A Tabela 7 apresenta dados utilizados para o cálculo do LEC, PP, ES, N e  $Q_{m\acute{a}x}$  do vergalhão de 1/2".

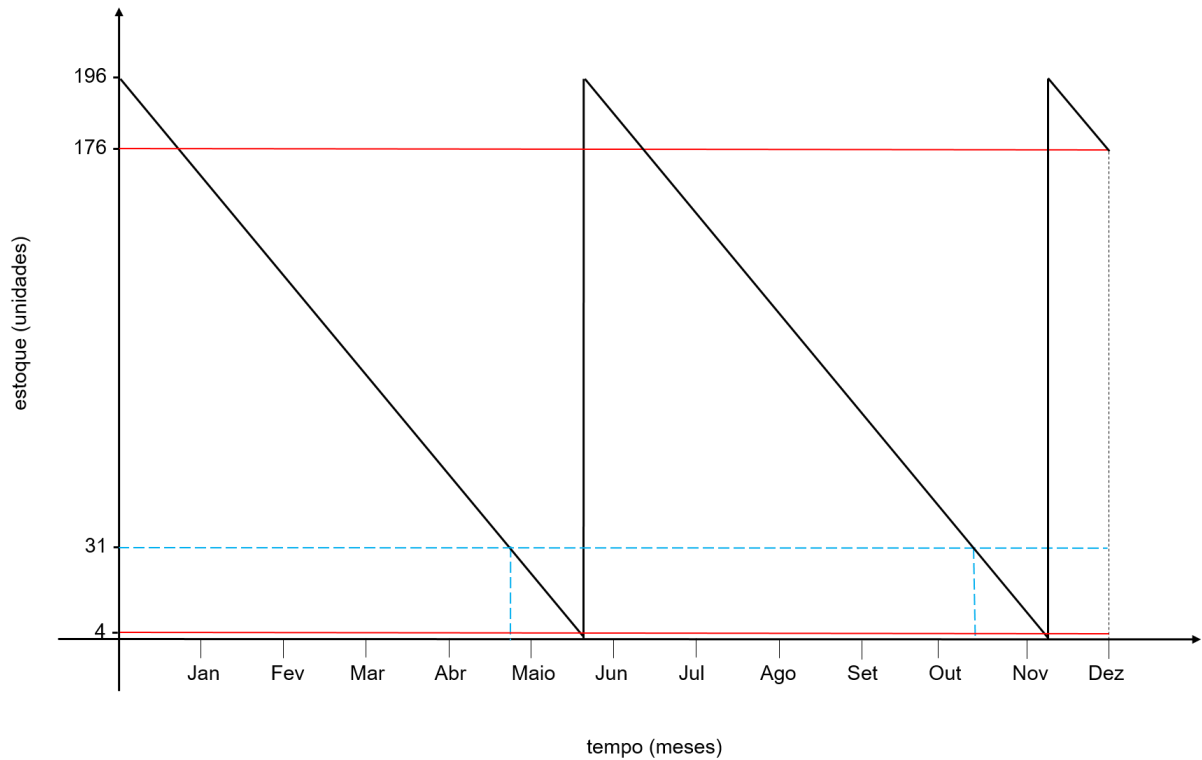
TABELA 7 - DADOS DO VERGALHÃO DE 1/2"

|                                       |             |
|---------------------------------------|-------------|
| Demanda histórica (D)                 | 400         |
| Custo do Pedido ( $C_p$ )             | R\$ 130,00  |
| Custo Unitário ( $C_a$ )              | R\$ 45,00   |
| Taxa de manutenção (i)                | 6,312%      |
| Lote Econômico de Compra (LEC)        | 192         |
| Fator de Segurança (FS)               | 1,65 – 95%  |
| Desvio padrão da demanda ( $\sigma$ ) | 8,164       |
| <i>Lead time</i> (LT)                 | 0,0657 dias |
| Estoque de Segurança (ES)             | 4           |
| Ponto de Pedido (PP)                  | 31          |
| Número de pedidos no ano (N)          | 2           |
| Estoque Máximo ( $Q_{m\acute{a}x}$ )  | 196         |

FONTE: O autor (2018).

A determinação dos valores dos níveis de estoque para o vergalhão de 1/2 polegada é apresentado no Gráfico 4. O LEC de 192 unidades é pedido quando o estoque atinge o nível de 31 unidades. O ES calculado é de 4 unidades, e ao final de 12 meses é prevista a existência de um estoque de 176 unidades.

GRÁFICO 4 - NÍVEL DE ESTOQUE DO VERGALHÃO DE 1/2"



FONTE: O autor (2018).

### 5.2.2 Vergalhão de 3/16 polegadas

A Tabela 8 apresenta os dados utilizados para o desenvolvimento dos cálculos do LEC, PP, ES, N e  $Q_{\text{máx}}$  do vergalhão de 3/16".

Com o gráfico de nível de estoque (Gráfico 5) é possível mensurar que o estoque ao atingir o nível de 145 unidades, é emitida a ordem de compra. O ES encontrado foi de 20 unidades e o LEC de 1124 unidades, com 1 pedido anual.

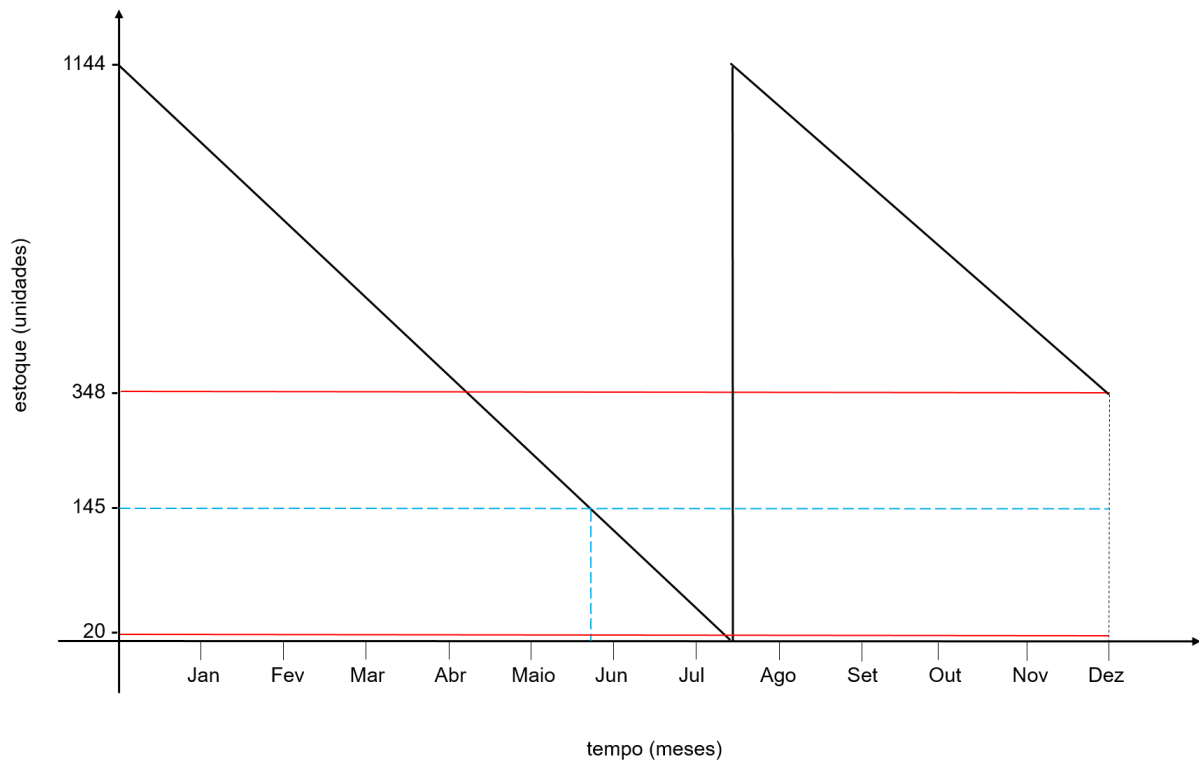
TABELA 8 - DADOS DO VERGALHÃO DE 3/16"

|                                       |             |
|---------------------------------------|-------------|
| Demanda histórica (D)                 | 1900        |
| Custo do Pedido ( $C_p$ )             | 130,00      |
| Custo Unitário ( $C_a$ )              | R\$ 6,20    |
| Taxa de manutenção (i)                | 6,312%      |
| Lote Econômico de Compra (LEC)        | 1124        |
| Fator de Segurança (FS)               | 1,65 – 95%  |
| Desvio padrão da demanda ( $\sigma$ ) | 46,871      |
| Lead time (LT)                        | 0,0657 dias |
| Estoque de Segurança (ES)             | 20          |
| Ponto de Pedido (PP)                  | 145         |
| Número de pedidos no ano (N)          | 1           |
| Estoque Máximo ( $Q_{\text{máx}}$ )   | 1144        |

FONTE: O autor (2018).

Com a determinação dos valores dos níveis de estoque para o vergalhão de 3/16 polegadas, foi possível desenvolver o Gráfico 5 apresentado a seguir.

GRÁFICO 5 - NÍVEL DE ESTOQUE DO VERGALHÃO 3/16"



FONTE: O autor (2018).

### 5.3 GRUPO C

O item determinado como o de menor importância dentre os insumos é o vergalhão de 1/4 polegadas. Neste grupo foi desenvolvido um método de revisão periódica apenas com a determinação de um estoque máximo.

TABELA 9 - DADOS DO VERGALHÃO DE 1/4"

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| Demanda histórica (D)          | 360        |
| Custo do Pedido (Cp)           | R\$ 130,00 |
| Custo Unitário (Ca)            | R\$ 16,90  |
| Taxa de manutenção (i)         | 6,312%     |
| Lote Econômico de Compra (LEC) | 297        |

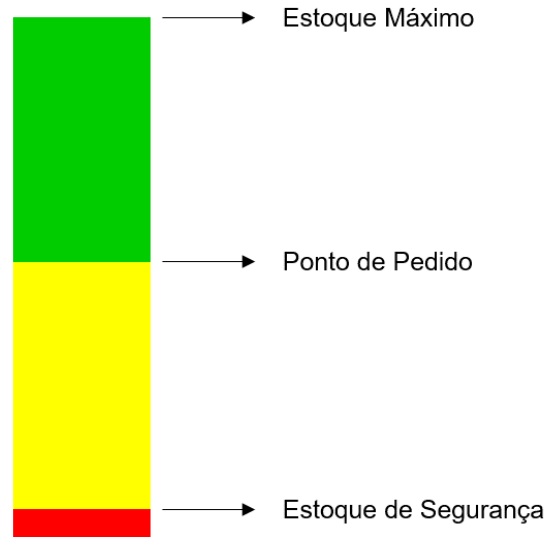
FONTE: O autor (2018).

Portando, o gerenciador do estoque ao analisar periodicamente o estoque, irá emitir a ordem de compra no valor que faltar para completar o nível de 297 unidades conforme a Tabela 9.

### 5.4 APLICAÇÃO DO KANBAN

Para o uso do *Kanban* como forma visual de pedido, conforme apresentado na Figura 6, seriam utilizados os dados encontrados para os cinco vergalhões de estoque máximo, ponto de pedido e estoque de segurança. A Figura 12 ilustra um exemplo de como o *Kanban* poderia ser aplicado.

FIGURA 12 - EXEMPLO DE APLICAÇÃO DE KANBAN NO ESTOQUE DE VERGALHÃO



FONTE: O autor (2018).

O gerenciador de estoque seguirá as informações visuais do *Kanban* pelas cores, e saberá o momento correto do pedido do lote. Este modelo auxilia também na diminuição do insumo em excesso e ocioso, evitando assim a deterioração do mesmo.

## 5.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O MODELO PROPOSTO

No decorrer desta pesquisa, decidiu-se pela utilização da previsão de demanda pelo método de suavização exponencial de Holt, porém, verificou-se que a abordagem junto a outros métodos pode levar a previsões mais acuradas.

Pode-se citar, por exemplo, a utilização de métodos qualitativos, como o método Delphi, quantitativos como a Média Móvel, e ainda métodos baseados em simulação, em busca de melhores indicadores e que se aproximem da realidade da empresa e da área em questão: estoque de matéria prima na construção civil.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os objetivos propostos, conclui-se que o estudo estabeleceu políticas de compra para a proposta de um modelo de gestão de estoque determinando LEC, ponto de pedido, número de pedidos por ano e estoque de segurança, para todos os tamanhos de vergalhão de aço utilizados como matéria prima de concreto armado em uma empresa do município de Apucarana.

Além de contribuir com pesquisas sobre métodos de melhoria para gestão de estoque na Engenharia de Produção, este trabalho mostrou que, com o levantamento de dados na empresa, é possível ter uma base na aproximação da realidade do estoque e que o tamanho ótimo de um lote de compra é uma boa escolha para não faltar e não sobrar insumos no estoque além de não atrasar o restante da produção bem como a entrega do produto ao cliente.

Os estudos apresentados demonstram que o custo do estoque de vergalhão anual passou R\$ 116.270,99 para R\$ 111.070,99 com o dimensionamento do LEC, gerando o valor de aproximadamente R\$ 5.200,00 a mais no faturamento da empresa. Como o período em estudo neste estudo foi de apenas um ano, e o estoque analisado foi apenas o de vergalhão, não é esperado um faturamento crescente de imediato na empresa como um todo, porém a longo prazo prevê-se melhores perspectivas. Além da melhoria econômica, prevê-se melhorias relacionadas a organização do estoque, do método de pedido e do modo como o processo produtivo ocorre na empresa.

### 6.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Além da sugestão da implementação dos resultados deste trabalho com o auxílio da ferramenta *Kanban*, a manutenção dos parâmetros utilizados e a verificação do uso de outros métodos de previsão de demanda são recomendados. Sugere-se também o dimensionamento em outros estoques existentes na empresa, como na concretagem (cimento, areia, pedra, tela de aço) e na área de estrutura metálica (perfil U, prego, parafuso, solda).

Outra proposta de trabalhos futuros seria analisar a viabilidade de se usar o LEC com descontos por meio de negociação com os fornecedores para obtenção de ofertas na compra do lote dos produtos proporcionando menor custo de compra.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7480: Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação**. ABNT, 2007.
- ARNOLD, J. R. T. **Administração de Materiais: uma introdução**. São Paulo: Atlas, 1999.
- BALLOU, R. **Logística empresarial**. São Paulo: Atlas, 1993.
- CHIAVENATO, I. **Administração de materiais uma abordagem introdutória**. São Paulo: Elsevier, 2005.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e de operações: Manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. São Paulo: Atlas, 2013.
- CORRÊA, H. L.; GIANESI, I.G.N.; CAON, M. **Planejamento, Programação e Controle da Produção**. São Paulo: Atlas, 2017.
- COSTA JUNIOR, E. H. G.; COSTA NETO, S. R. ; PIMENTEL, B. A. R. . **Aplicação de um modelo de gestão de estoque em uma empresa na região metropolitana de Belém-PA: um estudo de caso**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Joinville. Anais do XXXVII ENEGEP, 2017.
- DEMO, P. **Metodologia do conhecimento científico**. São Paulo: Atlas, 2000.
- DIAS, M.A.P. **Administração de Materiais: uma abordagem logística**. São Paulo: Atlas, 1993.
- GIL, A. C. **Estudo de Caso: Fundamentação científica subsídios para coleta e análise de dados, como redigir o relatório**. São Paulo: Atlas, 2009.
- GONÇALVES, P. S. **Administração de materiais**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010
- GONTIJO, F. B.; BORBA, J. C. R.; MESQUITA, J. V.; SANTOS, M. A. M.; SOUZA, T. T.. **Aplicação do sistema máximo-mínimo no controle de estoque de uma empresa do segmento termoplástico**. Anais Eletrônico da Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2015.
- LIMA, M. B. S. P.; SANTOS W. B. DOS; DROGUETT, E. L.; DINIZ, H. H. L.; SANTOS, R. DE C. B. **Aplicação do modelo de previsão de demanda Holt-Winters em uma regional de corte e dobra de aço**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Fortaleza. Anais do XXXV ENEGEP, 2015.
- LOVE, S. F. **Inventory control**. Nova York: McGraw-Hill, 1979.
- LUSTOSA, L.; MESQUITA, M.A.; QUELHAS, O.; OLIVEIRA, R. **Planejamento e controle da Produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

MARTELLI, L. L.; DANDARO, F. **Planejamento e Controle de Estoque nas Organizações**. Revista Gestão Industrial, p. 170–185, 2015.

MORAES, D. S.; NUNES, F. L. **Dimensionamento de estoques de segurança em uma empresa metalmeccânica**. SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Bauru. Anais do XXIV SIMPEP, 2017.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da Produção (Operações Industriais e de Serviços)**. Curitiba: UnicenP, 2007.

POZO, H. **Administração de recursos materiais e patrimoniais: uma abordagem logística**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

SILVA, T. O.; MARTINEZ, C. C. DE M.; RIGO, P. D.; MENDES, A. A. **Análise da gestão de estoques: estudo de caso em uma empresa gráfica digital localizada em Santa Maria – RS por meio da curva ABC e do lote econômico de compra**. Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, Ponta Grossa. Anais do VI CONBREPPO, 2016.

SLACK, N. **Vantagem competitiva em manufatura: atingindo competitividade nas operações industriais**. São Paulo: Atlas, 2002.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2016.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2009.

SOARES, B. L. **Estruturação da gestão de estoques em uma indústria de pequeno porte do setor metal mecânico**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2013.

TUBINO, D. F. **Manual de Planejamento e Controle da Produção**. São Paulo: Atlas, 2000.

TUBINO, D.F. **Planejamento e controle da produção: Teoria e Prática**. São Paulo: Atlas, 2009.

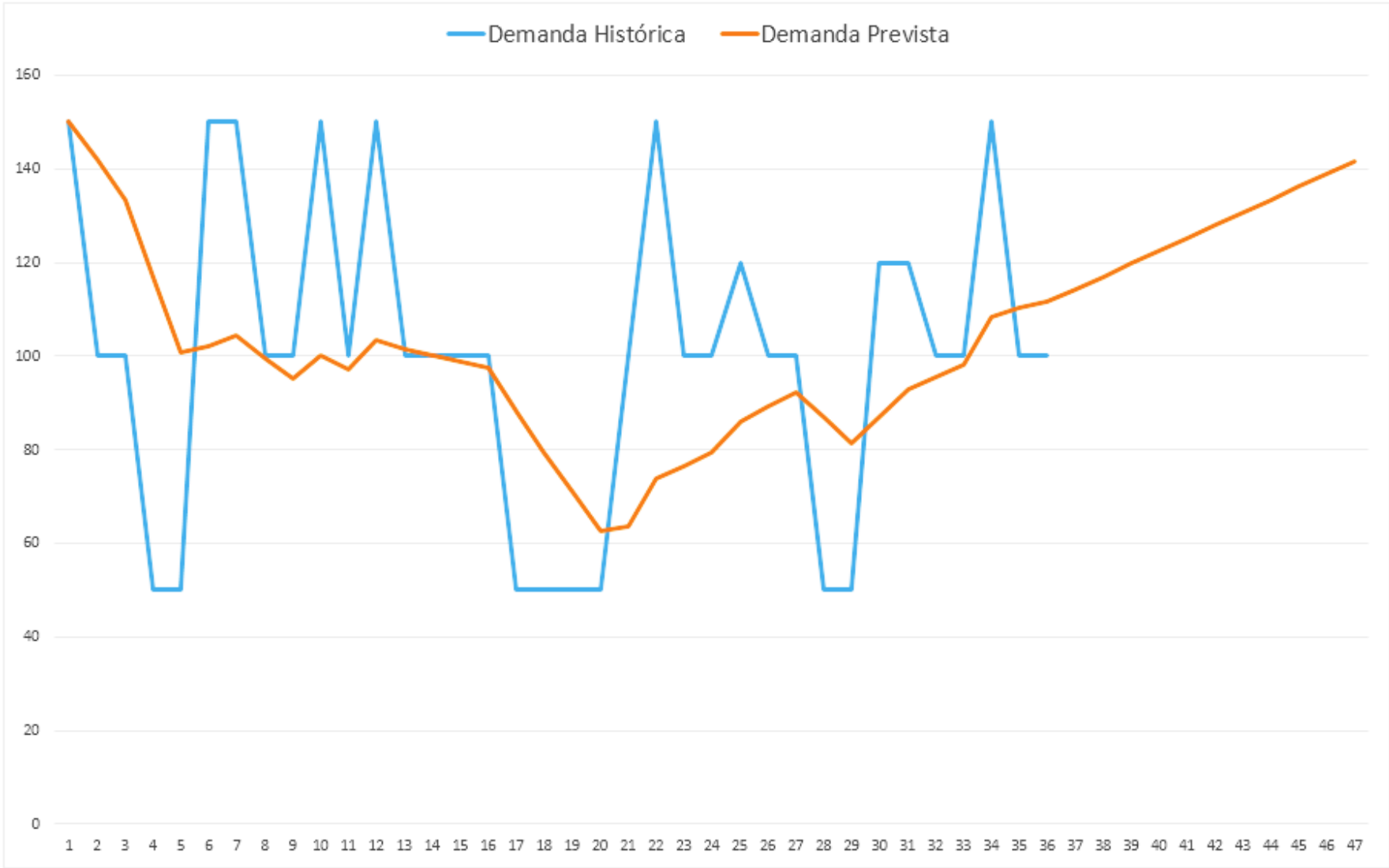
VILLAR, A. de M.; SILVA, L. M. F. e; NÓBREGA, M. M. **Planejamento, Programação e Controle da Produção**. João Pessoa: Universitária da UFPB, 2008.

## APÊNDICE 1 – DEMANDA PREVISTA PARA O VERGALHÃO 3/8”

|                        |
|------------------------|
| $\alpha = 0,136307317$ |
| $\beta = 0,211458207$  |
| $p = 1$                |

$Y_1 = A_1$

|    | DEMANDA HISTÓRICA | NÍVEL       | TENDÊNCIA    | DEMANDA PREVISTA | ERRO        |
|----|-------------------|-------------|--------------|------------------|-------------|
| t  | At                | Yt          | Tt           | Y(t + k)         | et          |
| 1  | 150               | 150         | 0            |                  |             |
| 2  | 100               | 143,1846341 | -1,441165048 | 150              | 50          |
| 3  | 100               | 136,0535288 | -2,64434962  | 141,7434691      | 41,74346909 |
| 4  | 50                | 122,0398977 | -5,048477495 | 133,4091792      | 83,40917919 |
| 5  | 50                | 107,8599995 | -6,979391362 | 116,9914203      | 66,99142025 |
| 6  | 150               | 107,5759406 | -5,563608347 | 100,8806081      | 49,11939188 |
| 7  | 150               | 108,5534025 | -4,180445359 | 102,0123323      | 47,9876677  |
| 8  | 100               | 103,7768911 | -4,30648842  | 104,3729572      | 4,372957186 |
| 9  | 100               | 99,54259069 | -4,291223678 | 99,4704027       | 0,529597296 |
| 10 | 150               | 102,7140063 | -2,713187352 | 95,25136701      | 54,74863299 |
| 11 | 100               | 100,0007073 | -2,713210957 | 100,0008189      | 0,000818943 |
| 12 | 150               | 104,4725963 | -1,1938626   | 97,28749636      | 52,71250364 |
| 13 | 100               | 102,8318183 | -1,288366529 | 103,2787337      | 3,278733711 |
| 14 | 100               | 101,333068  | -1,332853904 | 101,5434518      | 1,543451787 |
| 15 | 100               | 100,0001849 | -1,332860075 | 100,0002141      | 0,00021411  |
| 16 | 100               | 98,84897822 | -1,294447979 | 98,66732485      | 1,33267515  |
| 17 | 50                | 91,07249981 | -2,665126516 | 97,55453025      | 47,55453025 |
| 18 | 50                | 83,17216728 | -3,772153795 | 88,40737329      | 38,40737329 |
| 19 | 50                | 75,39257652 | -4,619559232 | 79,40001348      | 29,40001348 |
| 20 | 50                | 67,94150303 | -5,218306161 | 70,77301729      | 20,77301729 |
| 21 | 100               | 67,8042979  | -4,143865645 | 62,72319687      | 37,27680313 |
| 22 | 150               | 75,4291471  | -1,6552743   | 63,66043225      | 86,33956775 |
| 23 | 100               | 77,34868584 | -0,899350743 | 73,7738728       | 26,2261272  |
| 24 | 100               | 79,65946305 | -0,220542841 | 76,4493351       | 23,5506649  |
| 25 | 120               | 84,96769218 | 0,948561369  | 79,43892021      | 40,56107979 |
| 26 | 100               | 87,83597124 | 1,354501432  | 85,91625354      | 14,08374646 |
| 27 | 100               | 90,66389034 | 1,666067691  | 89,19047267      | 10,80952733 |
| 28 | 50                | 86,56007502 | 0,445978571  | 92,32995803      | 42,32995803 |
| 29 | 50                | 81,9618577  | -0,620658048 | 87,00605359      | 37,00605359 |
| 30 | 120               | 86,61067702 | 0,493616189  | 81,34119966      | 38,65880034 |
| 31 | 120               | 91,58821875 | 1,441779046  | 87,10429321      | 32,89570679 |
| 32 | 100               | 93,98006009 | 1,642677517  | 93,02999779      | 6,970002209 |
| 33 | 100               | 96,2193905  | 1,768844668  | 95,62273761      | 4,37726239  |
| 34 | 150               | 105,0778193 | 3,267995419  | 97,98823517      | 52,01176483 |
| 35 | 100               | 107,2082191 | 3,02744149   | 108,3458147      | 8,345814716 |
| 36 | 100               | 108,8404652 | 2,732415964  | 110,2356606      | 10,23566059 |
| 37 |                   | p = 1       |              | 111,5728811      |             |
| 38 |                   | p = 2       |              | 114,3052971      |             |
| 39 |                   | p = 3       |              | 117,037713       |             |
| 40 |                   | p = 4       |              | 119,770129       |             |
| 41 |                   | p = 5       |              | 122,502545       |             |
| 42 |                   | p = 6       |              | 125,2349609      |             |
| 43 |                   | p = 7       |              | 127,9673769      |             |
| 44 |                   | p = 8       |              | 130,6997929      |             |
| 45 |                   | p = 9       |              | 133,4322088      |             |
| 46 |                   | p = 10      |              | 136,1646248      |             |
| 47 |                   | p = 11      |              | 138,8970408      |             |
| 48 |                   | p = 12      |              | 141,6294567      |             |
|    |                   |             |              | DAM              | 30,44526249 |



## APÊNDICE 2 – DEMANDA PREVISTA PARA O VERGALHÃO 5/16”

|                       |
|-----------------------|
| $\alpha = 0,06449013$ |
| $\beta = 0,245085673$ |
| $p = 1$               |

Y1 = A1

|    | DEMANDA HISTÓRICA | NÍVEL       | TENDÊNCIA    | DEMANDA PREVISTA | ERRO        |
|----|-------------------|-------------|--------------|------------------|-------------|
| t  | At                | Yt          | Tt           | Y(t + k)         | et          |
| 1  | 150               | 150         | 0            |                  |             |
| 2  | 100               | 146,7754935 | -0,790280345 | 150              | 50          |
| 3  | 100               | 143,0196208 | -1,517104548 | 145,9852132      | 45,98521316 |
| 4  | 100               | 138,8260136 | -2,173077005 | 141,5025162      | 41,50251624 |
| 5  | 100               | 134,2891839 | -2,752398913 | 136,6529366      | 36,65293657 |
| 6  | 150               | 132,7274801 | -2,460576594 | 131,536785       | 18,46321499 |
| 7  | 150               | 131,5394935 | -2,148683029 | 130,2669036      | 19,73309645 |
| 8  | 150               | 130,7198998 | -1,822942281 | 129,3908105      | 20,60918952 |
| 9  | 150               | 130,2578955 | -1,489395886 | 128,8969575      | 21,10304249 |
| 10 | 150               | 130,1377218 | -1,153819137 | 128,7684996      | 21,23150043 |
| 11 | 100               | 127,114727  | -1,611927309 | 128,9839027      | 28,98390266 |
| 12 | 150               | 127,0826273 | -1,22473419  | 125,5027997      | 24,4972003  |
| 13 | 120               | 125,4801169 | -1,317321747 | 125,8578931      | 5,85789314  |
| 14 | 100               | 122,6045333 | -1,699229388 | 124,1627951      | 24,1627951  |
| 15 | 100               | 119,5571182 | -2,029650404 | 120,9053039      | 20,90530392 |
| 16 | 80                | 115,1073165 | -2,622794807 | 117,5274677      | 37,52746775 |
| 17 | 80                | 110,3895906 | -3,136232387 | 112,4845217      | 32,48452167 |
| 18 | 100               | 106,7855882 | -3,250876117 | 107,2533583      | 7,253358259 |
| 19 | 100               | 103,3067581 | -3,306744387 | 103,5347121      | 3,534712126 |
| 20 | 100               | 100,0000128 | -3,306744604 | 100,0000137      | 1,36942E-05 |
| 21 | 150               | 100,1310263 | -2,464199355 | 96,69326821      | 53,30673179 |
| 22 | 150               | 101,0418    | -1,637041793 | 97,66682691      | 52,33317309 |
| 23 | 100               | 99,44314547 | -1,627633636 | 99,40475825      | 0,595241748 |
| 24 | 150               | 101,1808963 | -0,80282613  | 97,81551183      | 52,18448817 |
| 25 | 120               | 101,6434909 | -0,492689619 | 100,3780701      | 19,62192987 |
| 26 | 100               | 101,076586  | -0,510878733 | 101,1508013      | 1,150801315 |
| 27 | 100               | 100,5292247 | -0,519820079 | 100,5657073      | 0,565707256 |
| 28 | 80                | 98,71899554 | -0,836080863 | 100,0094046      | 20,00940464 |
| 29 | 80                | 96,72964318 | -1,118731183 | 97,88291467      | 17,88291467 |
| 30 | 120               | 97,18376745 | -0,733246845 | 95,610912        | 24,389088   |
| 31 | 150               | 99,90393349 | 0,113135176  | 96,45052061      | 53,54947939 |
| 32 | 120               | 101,3057705 | 0,428977534  | 100,0170687      | 19,98293133 |
| 33 | 150               | 104,8473804 | 1,191839133  | 101,734748       | 48,26525196 |
| 34 | 120               | 106,9395521 | 1,412497741  | 106,0392195      | 13,96078045 |
| 35 | 80                | 106,5236225 | 0,964376387  | 108,3520498      | 28,35204983 |
| 36 | 100               | 107,0050968 | 0,84602402   | 107,4879988      | 7,487998841 |
| 37 |                   | p = 1       |              | 107,8511208      |             |
| 38 |                   | p = 2       |              | 108,6971449      |             |
| 39 |                   | p = 3       |              | 109,5431689      |             |
| 40 |                   | p = 4       |              | 110,3891929      |             |
| 41 |                   | p = 5       |              | 111,2352169      |             |
| 42 |                   | p = 6       |              | 112,0812409      |             |
| 43 |                   | p = 7       |              | 112,927265       |             |
| 44 |                   | p = 8       |              | 113,773289       |             |
| 45 |                   | p = 9       |              | 114,619313       |             |
| 46 |                   | p = 10      |              | 115,465337       |             |
| 47 |                   | p = 11      |              | 116,311361       |             |
| 48 |                   | p = 12      |              | 117,1573851      |             |
|    |                   |             |              | DAM              | 24,97502431 |

