



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS
MESTRADO PROFISSIONAL

O USO DA LÓGICA FUZZY NO AUXÍLIO DA GESTÃO E CONTROLE DOS NÍVEIS DE ESTOQUES DE PEÇAS

Gerberson das Chagas Gomes Maciel

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos – Mestrado Profissional, PPGEP/ITEC, da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Processos.

Orientador: Josiel Lobato Ferreira

Belém

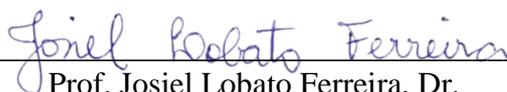
Setembro de 2021

**O USO DA LÓGICA FUZZY NO AUXÍLIO DA GESTÃO E CONTROLE DOS
NÍVEIS DE ESTOQUES DE PEÇAS**

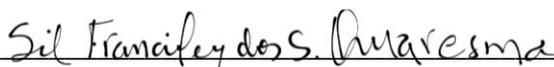
Gerberson das Chagas Gomes Maciel

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE
PÓSGRADUAÇÃO EM ENGENHARIA PROCESSOS – MESTRADO
PROFISSIONAL (PPGEP/ITEC) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ COMO
PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
MESTRE EM ENGENHARIA DE PROCESSOS.

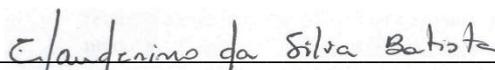
Examinada por:



Prof. Josiel Lobato Ferreira, Dr.
(PPGEP/ITEC/UFPA-Orientador)



Prof. SIL Franciley dos Santos Quaresma, Dr.
(PPGEP/ITEC/UFPA-Membro)



Prof. Clauderino da Silva Batista, Dr.
(PPGEP/ITEC/UFPA-Membro)



Prof. Emerson Cardoso Rodrigues, Dr.
(FEQ/ITEC/UFPA-Membro)

BELÉM, PA - BRASIL

SETEMBRO DE 2021

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFPA

Maciel, Gerberson das Chagas Gomes, 1984-
O uso da lógica fuzzy no auxílio da gestão e controle dos
níveis de estoques de peças / Gerberson das Chagas Gomes Maciel
- 2021.

Orientador: Josiel Lobato Ferreira

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Federal
do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Processos, 2019.

1. Estoques 2. Controles 3. Custos 4. Lógica 5. Fuzzy
Resíduos sólidos I. Título

CDD 670.42

*Dedico este trabalho à minha família,
pelo incentivo e apoio e principalmente
pela compreensão nas horas de ausência.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder saúde e o conhecimento necessário para a realização deste trabalho.

A minha esposa Lilian Maciel por me acompanhar em mais esta fase, me incentivando, me apoiando e principalmente por não me deixar desistir nos momentos de frustração e cansaço.

Aos meus filhos João Davi e Laura Maciel, por compreenderem a importância deste trabalho e me permitirem momentos paz e tranquilidade para os estudos.

Aos meus pais Claudionor Moura Maciel e Waldiza Gomes Maciel, também pelo incentivo e apoio, por sempre acreditarem em mim, mesmo quando nem eu mesmo acreditei.

Ao meu orientador Professor Josiel Lobato Ferreira, principalmente pela paciência e pelo investido ao acompanhamento e orientação e pela assistência na elaboração desta dissertação.

Aos gestores e colegas da empresa Denso Industrial da Amazônia, por me proporcionar a oportunidade de realizar esta graduação.

Aos professores e colegas do ITEGAM e PPGEP, que através do compartilhamento dos seus conhecimentos permitiram que hoje eu pudesse estar concluindo este trabalho.

A todos, o meu sincero, obrigado!

*“Diga-me e eu esquecerei; ensina-me e eu
poderei lembrar; envolva-me e eu
aprenderei.”*

(Benjamin Franklin)

Resumo da Dissertação apresentada ao PPGEP/UFPA como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Processos (M. Eng.)

O USO DA LÓGICA FUZZY NO AUXÍLIO DA GESTÃO E CONTROLE DOS NÍVEIS DE ESTOQUES DE PEÇAS

Gerberson das Chagas Gomes Maciel

Setembro/2021

Orientador: Prof. Josiel Lobato Ferreira

Área de Concentração: Engenharia de Processos

Diante de um cenário altamente competitivo, este estudo tem como finalidades, desenvolver uma ferramenta que realize análises dos estoques baseadas em inferências da lógica difúza, sendo a variável de saída o nível do estoque e considerando como variáveis de entradas a demanda do cliente e o plano de produção, proporcionando às empresas uma melhor gestão dos seus níveis de estoques. Além de garantir uma sistemática de produção eficiente e otimizar a ocupação das locações no estoque de produto acabado. Por meio desta pesquisa, as análises dos níveis de estoque foram realizadas utilizando a toolbox fuzzy do software do Matlab versão 2015a, em modelos de um produto voltado para o segmento de automotivo, fabricados por uma empresa do Polo Industrial de Manaus. Após as análises identificou-se várias situações de excessos e falta de peças no estoque, além de grandes variações no plano de que produção. Após a aplicação da ferramenta de análise, o nível normal subiu de 20% para 93%, o índice de excessos e os riscos de falhas de entrega foram eliminados, bem com a variação do plano de produção. Tais resultados permitiram a validação da eficácia da ferramenta, que se mostrou aplicável em qualquer tipo de estoque, em qualquer tipo de empresa.

Abstract of Dissertation presented to PPGE/UFPA as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Process Engineering (M. Eng.)

THE USE OF FUZZY LOGIC TO AID IN THE MANAGEMENT AND CONTROL OF PARTS STOCK LEVELS

Gerberson das Chagas Gomes Maciel

September/2021

Advisor: Josiel Lobato Ferreira

Research Area: Process Engineering

Faced with a highly competitive scenario, this study aims to develop a tool that analyzes the stocks based on fuzzy logic inferences, when the output variable is the stock level and the customer demand and the production plan are the input variables. Providing the companies a better management of their stock levels. In addition to ensuring an efficient production system and optimizing the occupation of locations in the finished product stock. Through this research, the stock level analyzes were performed using the fuzzy toolbox of the Matlab software version 2015a, in models of a product aimed at the automotive segment, manufactured by a company from the Industrial Pole of Manaus. After the analysis, several situations as excess and lack of parts in stock were identified, in addition to large variations in the production plan. After applying the analysis tool, the normal level of stock rose from 20% to 93%, the excess rate and the risk of delivery failures were eliminated, as well as the variation in the production plan. These results allowed the validation of the tool's effectiveness, which proved to be applicable in any type of stock, in any type of company.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 - MOTIVAÇÃO.....	1
1.2 - OBJETIVOS.....	3
1.2.1 - Objetivo geral.....	3
1.2.2 - Objetivos específicos.....	3
1.3 - CONTRIBUIÇÕES DA DISSERTAÇÃO.....	3
1.4 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	5
CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA.....	6
2.1 - ESTOQUES.....	6
2.1.1 - Tipos de estoques.....	8
2.1.1.1 - Estoque de matérias-primas.....	9
2.1.1.2 - Estoque de material em processo (WIP).....	10
2.1.1.3 - Estoque de produto acabado (PA).....	11
2.1.2 - Necessidade de manter estoques.....	12
2.1.3 - Gestão dos estoques.....	13
2.1.4 - Controle de estoques.....	15
2.1.4.1 - Lote econômico de compra (LEC).....	15
2.1.4.2 - Curva ABC.....	18
2.1.4.3 - Sistema de duas gavetas.....	22
2.1.4.4 - Sistema de máximo e mínimo.....	25
2.2 - JUST IN TIME (JIT).....	27
2.2.1 - Sistema de puxada.....	29
2.2.1 - Sistema kanban.....	29
2.3 - LÓGICA FUZZY.....	31
2.3.1 - Conjuntos fuzzy.....	35
2.3.2 - Variáveis linguísticas.....	37
2.3.3 - Sistema fuzzy.....	38
2.3.3.1 - Fuzzificação.....	40
2.3.3.2 - Base de regra.....	40
2.3.3.3 - Inferência.....	41
2.3.3.4 - Defuzzyficação.....	41

CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	42
3.1 - MATERIAIS.....	42
3.2 - METODOLOGIA.....	42
3.2.1 - A empresa.....	44
3.2.2 - Política de estoque de P.A.....	46
3.2.3 - Análise do processo.....	50
3.2.4 - Descrição do problema.....	52
3.2.5 - Implementação da análise utilizando lógica fuzzy.....	55
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	61
4.1 - MÉTODO DE APLICAÇÃO.....	61
4.2 - CENÁRIO DE APLICAÇÃO DO MÉTODO.....	61
4.3 - RESULTADOS APÓS APLICAÇÃO DA FERRAMENTA.....	65
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	68
5.1 - CONCLUSÕES.....	68
5.2 - SUGESTÕES.....	69
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Estoques localizados nos níveis do canal de suprimentos.....	6
Figura 2.2	Exemplos de estoques mantidos em operações.....	8
Figura 2.3	Tipos de estoque.....	9
Figura 2.4	Gestão de estoques e o fluxo de material.....	14
Figura 2.5	Planos de estoques alternativos com diferentes quantidades de pedidos.....	16
Figura 2.6	Representação gráfica da quantidade econômica de pedido.....	18
Figura 2.7	Curva de Pareto para itens em estoque.....	20
Figura 2.8	Ordenação dos itens na curva ABC.....	21
Figura 2.9	Divisão das classes ABC.....	22
Figura 2.10	Caixas A e B do sistema de duas gavetas.....	24
Figura 2.11	Caixas A e B – Ponto de pedido de compras.....	24
Figura 2.12	Caixas A e B – Estoque abastecido.....	25
Figura 2.13	Fluxo de produção e estoques num sistema tradicional.....	28
Figura 2.14	Fluxo ideal da produção e estoques num sistema Just-in-time.....	28
Figura 2.15	Planejamento convencional.....	30
Figura 2.16	Planejamento com Kanban.....	31
Figura 2.17	Definição de meia idade em conjuntos convencionais.....	32
Figura 2.18	Definição de meia idade em conjuntos fuzzy.....	33
Figura 2.19	Exemplo dos copos vazios.....	33
Figura 2.20	Exemplo dos copos cheios.....	34
Figura 2.21	Exemplo de copos com medida variada.....	34
Figura 2.22	Função de pertinência teoria clássica dos conjuntos.....	35
Figura 2.23	Função de pertinência conjuntos fuzzy.....	36
Figura 2.24	Funções de pertinência para a variável de temperatura.....	37
Figura 2.25	Estrutura básica de um controlador fuzzy.....	39
Figura 3.1	Fluxograma de aplicação da ferramenta fuzzy.....	43
Figura 3.2	Sistema de produção empurrada.....	45
Figura 3.3	Fluxo de entrega para clientes locais.....	47
Figura 3.4	Fluxo de entrega para clientes fora do PIM.....	47
Figura 3.5	Demanda diária por modelo.....	48

Figura 3.6	Política de estoque por modelo.....	49
Figura 3.7	Distribuição das locações físicas no estoque de P.A.....	50
Figura 3.8	Fluxos de informações e peças.....	51
Figura 3.9	Efeito chicote na produtiva.....	53
Figura 3.10	Efeito chicote na área de P.A.....	54
Figura 3.11	Peças estocadas fora das locações.....	54
Figura 3.12	Estantes vazias por falta de peças.....	55
Figura 3.13	Sistema de inferência fuzzy para a gestão do estoque.....	56
Figura 3.14	Variável de entrada 1 “Pedido do cliente”.....	57
Figura 3.15	Variável de entrada 2 “Plano de produção”.....	57
Figura 3.16	Variável de saída "Nível do estoque".....	58
Figura 3.17	Crítérios de regras para defuzzyficação.....	58
Figura 3.18	Janela de superfície (Plotagem do sistema fuzzy).....	59
Figura 3.19	Classificação da entrega conforme variação dos clientes.....	60
Figura 4.1	Plano de produção e demanda total 06/2021.....	62
Figura 4.2	Nível de estoque diário.....	62
Figura 4.3	Plano de produção, demanda total e plano projetado 06/2021.....	65
Figura 4.4	Nível de estoque conforme as regras de inferência fuzzy.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Exemplos de estoques mantidos em operações.....	7
Tabela 2.2	Estratégica de estoque.....	12
Tabela 2.3	Coleta de dados de materiais.....	20
Tabela 2.4	Ordenação dos dados de materiais.....	21
Tabela 2.5	Coefficiente k para graus de atendimento com riscos percentuais.	27
Tabela 3.1	Sistema de entregas por clientes.....	45
Tabela 3.2	Tempo de transporte para entrega no cliente.....	46
Tabela 3.3	Demanda de produção 06/2021.....	48
Tabela 3.4	Locações por modelo (Política de 2,5 dias).....	49
Tabela 3.5	Revisão da demanda X Revisão do plano de produção.....	51
Tabela 3.6	Variáveis de entrada.....	56
Tabela 3.7	Variáveis de saídas.....	57
Tabela 3.8	Regras de inferência.....	58
Tabela 3.9	Itens analisados.....	59
Tabela 4.1	Ocorrências de variação de demanda por modelo.....	63
Tabela 4.2	Ocorrências de variação do plano de produção por modelo.....	64
Tabela 4.3	Ocorrências nível de estoque por modelo.....	64
Tabela 4.4	Ocorrências nível de estoque por modelo.....	66
Tabela 4.5	Plano de produção com variação por modelo.....	67

NOMENCLATURA

CDA	CONTROLE DE ÁREA
<i>Emáx</i>	ESTOQUE MÁXIMO
<i>Emin</i>	ESTOQUE MÍNIMO
ERP	ENTERPRISE RESOURCE PLANNING
JIT	JUST IN TIME
LC	LOTE DE COMPRA
MAX	MÁXIMO
MDM	PONTO MÉDIO MÁXIMO
MIN	MÍNIMO
MO	MÃO DE OBRA
MP	MATÉRIA PRIMA
MRP	MATERIAL REQUEREMENT PLANNING
PA	PRODUTO ACABADO
PCP	PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO
PEPS	PRIMEIRO QUE ENTRA PRIMEIRO QUE SAI
PIM	POLO INDUSTRIAL DE MANAUS
PMP	PLANO MESTRE DE PRODUÇÃO
TPS	TOYOTA PRODUCTION SYSTEM
WIP	WORK IN PROCESS

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 - MOTIVAÇÃO

Com clientes cada vez mais exigentes e em meio a um cenário global altamente competitivo, as empresas necessitam se reinventar diariamente para se manterem vivas e competitivas no mercado, por isso, reduzir custos garantindo uma maior qualidade ao produto ou serviço, torna-se cada vez mais difícil mediante a necessidade de também ser flexível, uma vez que os clientes se tornam cada vez mais específicos diante suas necessidades.

Empresas no mundo inteiro buscam a excelência no gerenciamento de seus recursos e suas estruturas, onde aproveitar da melhor forma cada metro quadrado e cada recurso, seja ele material ou pessoal, pode ser o diferencial para o fracasso ou o sucesso de uma empresa nos dias atuais. Dessa forma tratar os estoques como parte essencial de uma empresa pode fazer toda a diferença, uma vez que este pode concentrar uma grande quantidade de área, bem como reter um alto capital investido.

Este cenário faz com que algumas empresas procurem explorar técnicas inovadoras para o controle de seus estoques e armazenagens internas, definindo a importância da gestão de estoque e do processo de armazenagem dentro de uma empresa, em qualquer que seja seu segmento, seja por meio de novas ferramentas, técnicas ou sistemas de gestão de estoque (MARTELLO e DUNDARO, 2015).

Para TUBINO (2008), muitas empresas trabalham com estoques de diferentes tipos e estes necessitam ser bem administrados. Porém, a gestão de estoques é uma das atividades mais importantes de uma empresa de manufatura. Dessa forma, um gerenciamento de estoques eficaz ajuda na redução dos custos investidos, de forma que, mantê-los os mais baixos possíveis, mas obedecendo os níveis de segurança e dos volumes para o atendimento da demanda, podem trazer ótimos resultados para uma empresa.

Neste contexto, SLACK *et al.* (2006), afirmam que é muito importante que os gestores compartilhem opiniões ambivalentes em relação aos estoques, pois para uns os estoques são custosos e algumas vezes representam grande quantidade de capital, para outros, mantê-los também representa um certo nível de segurança, principalmente em

cenários complexos e repletos de incertezas. Ao identificar a importância de se atender os clientes de acordo com as suas necessidades, entende-se as estratégias traçadas em manter estoques, principalmente em mercados instáveis e altamente flexíveis, entretanto, ao traçar tais estratégias a empresa deve assumir o desafio de controlar estes estoques, não permitindo que estes acabem sendo prejudiciais para a organização, consumindo grandes volumes de áreas e de capital.

Na tentativa de conseguir o equilíbrio no controle de estoque, muitas empresas adotam o sistema de produção Just in Time (JIT), sistema originado do toyotismo que prega como seu conceito principal, produzir o produto certo, na quantidade certa e no momento certo. Fazendo com que o produto chegue ao local necessário, para seu uso ou venda, de acordo com a sua demanda, no momento exato em que for necessário para o cliente (BALLOU, 2006).

MARTINS e LAUGENI (2000), citam que uma vez que o lucro da empresa e a qualidade de seus produtos possuam vínculo direto com a administração de materiais, a gestão dos estoques deve estar diretamente associada ao JIT, mantendo os estoques reduzidos e os clientes satisfeitos. Se o material não estiver correto, não estiver na quantidade correta e não estiver disponível no instante necessário, a empresa acabará por produzir o que não deveria, dessa forma tanto à mão de obra, quanto o maquinário e todos os outros recursos envolvidos no processo, serão mal utilizados, comprometendo a lucratividade e talvez até a existência da empresa.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar uma solução sistêmica para o controle de peças no estoque, utilizando a lógica fuzzy para o controle e gestão dos níveis de estoque na expedição de uma empresa do segmento automotivo, operante no Polo Industrial de Manaus (PIM).

Mediante a um cenário econômico instável, a empresa sofre grandes impactos decorrente das constantes variações apresentadas nas demandas dos seus clientes, essas variações fazem com que a empresa enfrente grandes dificuldades em disponibilizar mais espaços para comportar maior quantidade de peças quando a demanda do cliente varia para baixo, ou produza a uma carga acima da sua capacidade produtiva, envolvendo e concentrando o máximo de recurso possível, para atender a demanda dos clientes, quando esta varia para cima.

Ao considerar a quantidade e a variedade de produtos fabricados nas linhas de montagens, fica evidente o desafio de alocar as peças produzidas nos espaços disponíveis, garantindo todos os controles realizados para garantir a qualidade dos produtos e a

satisfação dos clientes. Cada produto e/ ou modelo possui uma locação dedicada e esta foi pensada para evitar misturas entre peças e garantir a sequência correta de despacho em acordo com o controle de Primeiro que Entra é o Primeiro que Sai (PEPS), visando não enviar o produto errado ao cliente e garantir a rotatividade ideal das peças no estoque.

1.2 - OBJETIVOS

1.2.1 - Objetivo geral

Desenvolver uma ferramenta sistêmica, utilizando a lógica fuzzy, para controlar os níveis de estoque de produto acabado, facilitando a gestão, o controle do estoque e o planejamento eficaz dos planos das linhas de produção.

1.2.2 - Objetivos específicos

- Melhorar a gestão do estoque de produto acabado, considerando as variáveis de demanda dos clientes, variação da demanda planejada e o plano de produção;
- Garantir uma sistemática de produção eficiente, utilizando de forma correta os conceitos de *Just in Time*, produzindo somente os itens que forem despachados para os clientes;
- Otimizar a ocupação das locações no estoque de produto acabado, garantindo que cada produto/ modelo tenha espaço adequado, proporcional ao seu volume de despachos solicitados pelos clientes.

1.3 - CONTRIBUIÇÕES DA DISSERTAÇÃO

Empresas espalhadas pelo mundo todo compartilham basicamente das mesmas formas de operações, dentre as quais a gestão dos estoques se destaca entre as principais. Desta forma, as ações e decisões tomadas para uma gestão adequada se refletirão no desempenho da empresa, evitando perdas desnecessárias no processo produtivo, falta de produtos para as entregas, bem como atraso de pedidos, resultando em clientes insatisfeitos com o não cumprimento dos prazos.

No PIM, temos inúmeros os exemplos de empresas que possuem problemas na gestão de seus estoques, independente do seu segmento industrial, sua estrutura física e

financeira. Nossa posição geográfica não nos favorece logisticamente, nossa política fiscal não nos permite a agilidade necessária nos desembarços e trâmites alfandegários, tornando nosso cenário altamente instável e inseguro para nossas operações diárias.

Diante destas condições os gestores das empresas instaladas no PIM baseiam suas ações e as tomadas de decisões nos sistemas de controle de estoques atuais, geralmente alimentados com base na experiência humana, nos históricos e nas teorias de probabilidades.

Esta pesquisa pode contribuir para a melhoria desses sistemas, na empresa base do estudo ou em qualquer outra empresa, através da implementação da Lógica Fuzzy em suas análises, uma vez que esta lógica pode representar uma técnica inovadora que facilita o manuseio de dados e informações, transformando expressões verbais do cotidiano, muitas vezes, vagas, imprecisas e qualitativas, em valores numéricos, para posteriormente converter a experiência humana em uma forma compreensível pelos computadores, possibilitando o sucesso na criação de estratégias para tomada de decisão em problemas complexos como é o caso do controle de estoques nas plantas industriais.

Outra oportunidade de contribuição da presente pesquisa está associada à utilização do sistema JIT, uma vez que muitas empresas tentam sua aplicação, mas não obtém sucesso por estarem presas a paradigmas passados ou não se preparam estruturalmente para sua correta aplicação, afinal existem empresas ao redor do mundo que comprovam todas as vantagens competitivas que a utilização das ferramentas do TPS proporciona, quando são absorvidas e aplicadas de forma correta.

A incessante busca pela melhoria contínua, pela eliminação dos desperdícios e pelo aumento de valor agregado ao produto, possibilita às empresas de manufatura, produtos com maior qualidade, menores custos e entregues conforme a necessidade do cliente, devido a possibilidade de flexibilização dos seus processos, originados através do sistema JIT.

No âmbito acadêmico, esta pesquisa busca contribuir de forma relevante aos estudantes e pesquisadores no desenvolvimento de trabalhos acadêmicos diversos, bem como os profissionais da área e qualquer pessoa que tenham interesse pelos assuntos aqui abordados através de uma vasta literatura.

1.4 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Esta dissertação foi desenvolvida e dividida em quatro capítulos abordados da seguinte forma:

O Capítulo 1, apresenta o escopo da pesquisa de forma geral, apresentado a proposta da pesquisa, abordando a importância e a necessidade de se ter uma gestão de estoque eficaz, além de listar os objetivos geral e específicos da pesquisa, bem como a sua contribuição para o meio acadêmico e organizacional.

O Capítulo 2 apresenta a Revisão da Literatura, abordando sobre o conceito de estoques, sua finalidade, os principais tipos, além de técnicas existentes na literatura sobre gestão de estoques, sobre as técnicas e conceitos do Sistema Toyota de Produção (TPS), principalmente no que se refere à sistemática de Just in Time, e sobre a Lógica Difusa, com os argumentos que justificam a importância da Lógica Fuzzy na gestão dos estoques em indústrias, seus conceitos, aspectos, métodos e ferramentas usadas para o dimensionamento dos mesmos.

O Capítulo 3 apresenta a aplicação do sistema proposto utilizando a Lógica Fuzzy, além da apresentação do estudo de caso desenvolvido em uma indústria do segmento automotivo, com atuação no Polo Industrial de Manaus, onde através da realização de uma análise feita com base na revisão da literatura, foi desenvolvido um sistema de inferência Fuzzy, considerando a situação atual da empresa e todas as suas variáveis, com o intuito de melhorar o processo gestão de estoques, otimizando o uso das locações e realizando uma produção eficiente de acordo com o sistema JIT.

O capítulo 4 apresenta os resultados das simulações realizadas através da ferramenta de análise com Lógica Fuzzy, de acordo com os critérios definidos para as entradas e saídas e suas regras de base para a defuzzyficação.

E por fim no Capítulo 5 apresenta as conclusões e sugestões para trabalhos e pesquisas futuras, contendo ainda uma conclusão geral baseada principalmente na contribuição deste trabalho e seus efeitos na empresa objeto de estudo.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - ESTOQUES

Para BAZANTE (2016), os estoques podem ser considerados o acumulado de matérias-primas, dos produtos em processo de fabricação e produtos acabados, em posse de uma empresa, e estes estão distribuídos por vários pontos do decorrer dos canais logísticos e de produção na empresa. Os estoques são os materiais resultantes da diferença entre a demanda e o fornecimento e são criados para que seja possível guardar insumos e produtos para oferecer aos clientes.

BALLOU (2006), também faz uma definição mais genérica quando afirma que os estoques são “pilhas”, e podem ser de matérias-primas, insumos e componentes, além dos produtos em processo e os produtos acabados que aparecem em numerosos pontos por todos os canais logísticos e de produção da empresa. O autor associa o estoque às estratégias para melhorar o serviço de resposta ao cliente e à redução dos custos, onde manter estoques promove economias de compra. Na Figura 2.1 é mostrado os pontos onde os estoques são gerados durante a cadeia de suprimentos.

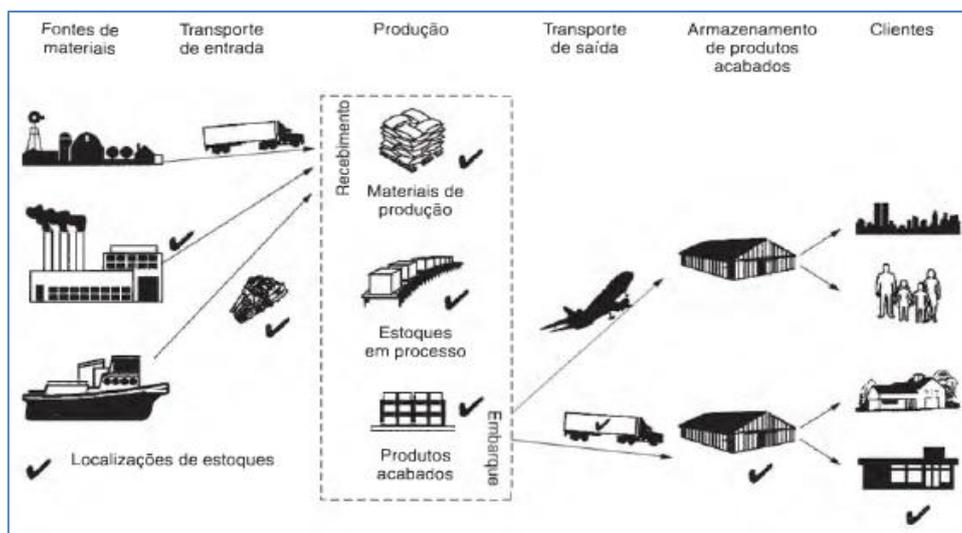


Figura 2.1 - Estoques localizados nos níveis do canal de suprimentos.

Fonte: BALLOU (2006).

BALLOU (2006) cita os motivos que levam uma empresa manter um sistema de estoque, sendo elas:

- As dificuldades prever a demanda e obter uma coordenação perfeita entre a demanda e o fornecimento, para isso seria necessária uma resposta imediata da produção, um transporte seguro, com tempo de entrega zero, porém esses fatores oferecem altos custos para as empresas;
- Reduzir o tempo de entrega dos produtos para os clientes, na tentativa de disponibilizar o ressuprimento de forma imediata. Desse modo, manter os estoques próximos aos clientes, pode garantir além do sucesso das vendas, um crescimento amplo das mesmas; e
- Melhorar a coordenação da oferta e demanda. O estoque passa a ser um recurso para um benefício financeiro ao invés de ser apenas uma necessidade.

Segundo SILVA (2019), em um contexto de produção, os estoques são os recursos de entrada, como os materiais, insumos e componentes, que serão transformados em recursos de saída, como os produtos acabados ou as mercadorias. Ou seja, o estoque é uma acumulação armazenada de recursos materiais em um sistema de produção ou serviço. Para o autor qualquer recurso armazenado é um estoque.

SLACK *et al.* (2006), afirmam que qualquer operação produtiva acumula materiais, porém, alguns estoques representam maior importância para a organização em detrimento de outros, como exemplo, o autor cita o estoque dos materiais de limpeza de uma fábrica de televisores, que é menos importante e considerado de menor valor do que o estoque de insumos, utilizados para a montagem dos televisores.

Na Tabela 2.1 o autor exemplifica alguns estoques de acordo com suas operações principais.

Tabela 2.1 - Exemplos de estoques mantidos em operações.

Operação	Exemplos de estoques mantidos em operações
Hotel	Itens de alimentação, itens de toaletes, materiais de limpeza
Hospital	Gaze, instrumentos, alimentos, medicação, material de limpeza
Loja Varejo	Coisas a serem vendidas, materiais de embrulho
Armazém	Coisas armazenadas, material de embalagem
Distribuidor de autopeças	Autopeças em depósito, autopeças em ponto de distribuição local
Manufatura de Televisor	Componentes, matéria prima, semiacabados, produtos acabados
Metais Preciosos	Materiais a serem processados, material refinado

Fonte: SLACK *et al.* (2006).

SLACK *et al.* (2006), comparam o estoque a um tanque de água, e cita que a geração dos estoques é decorrente da diferença de ritmo entre a demanda e o fornecimento. Em sua analogia o autor comenta que a água no tanque é o resultado da diferença entre o fornecimento e o consumo da água, pois quando o fornecimento excede o consumo, a quantidade de água no tanque aumenta; quando a demanda excede o fornecimento a quantidade de água do tanque diminui. O autor reforça que se o fornecimento de qualquer item for exatamente igual a sua demanda, este item nunca seria estocado.

A Figura 2.2 ilustra a analogia de SLACK *et al.* (2006), deixando claro que o fornecimento são os processos de entrada de uma empresa e a demanda são os processos de saída.

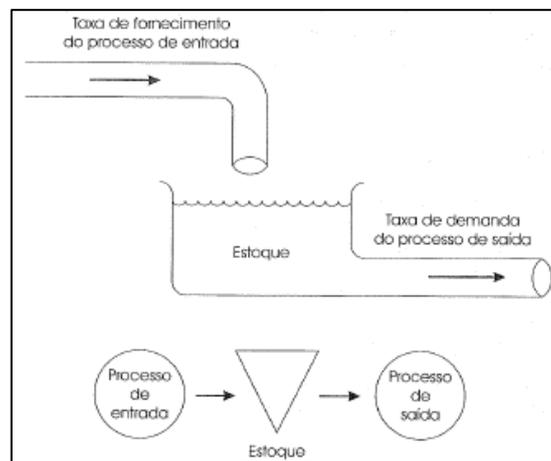


Figura 2.2 - Exemplos de estoques mantidos em operações.
Fonte: SLACK *et al.* (2006).

De acordo com CHIAVENATO (2005), o estoque pode ser definido como a composição de materiais para processamento, semiacabados no processo e os produtos acabados, que no momento não estão sendo utilizados pela empresa, mas serão utilizados mediante a necessidade em um futuro próximo. Porém, o autor alerta quanto ao tempo que se mantém um estoque, pois manter um estoque por tempo prolongado, gera custos adicionais com pessoal, espaço e seguros, além de deixar o capital parado.

2.1.1 - Tipos de estoques

No decorrer da estrutura fabril é comum o acúmulo ou estagnação de peças ou produtos em determinados pontos por motivos diversos. Para CHIAVENATO (2005), à

medida que os materiais percorrem o sistema produtivo, eles recebem novas denominações e se tornam diferentes de acordo com as suas modificações no decorrer da produção.

A Figura 2.3 apresenta os estoques básicos de uma cadeia interna de suprimentos, independente da estrutura ou estratégia da empresa.



Figura 2.3 - Tipos de estoque.
Fonte: Adaptado de CHIAVENATO (2005).

Segundo BAZANTE (2016), para toda atividade onde exista a necessidade de materiais, sempre irá existir os estoques, e estes estoques receberão diferentes classificações de acordo com a natureza dos produtos manufaturados ou das atividades desempenhadas pela empresa.

DIAS (2010) defende que antes de montar um estoque, deve-se considerar alguns aspectos, principalmente por existir diferentes tipos de estoques, outro aspecto importante definido pelo autor é quanto ao nível desse estoque, pois deve ser projetado para atender às necessidades da empresa, porém, não deixar de considerar o capital investido no estoque.

De acordo com BALLOU (2006), as acumulações são geradas por matérias-primas, insumos, componentes, materiais em processo e produtos acabados, surgem de forma numerosa em pontos do canal de produção e de logística das empresas, estes estoques geralmente se concentram em lugares como armazéns, pátios, chão de fábrica, equipamentos de transporte e em armazéns no decorrer das estruturas das empresas.

2.1.1.1 - Estoque de matérias-primas

O estoque de matérias primas armazena os insumos, os itens iniciais que irão ingressar na produção, esses materiais são a base para o processo de produção e

geralmente são adquiridos de fornecedores, uma vez que nenhuma empresa tem condições de produzir todos os materiais necessários para sua própria produção, ficando desta forma a empresa dependente de seus fornecedores (CHIAVENATO, 2005).

BAZANTE (2016), define o estoque de matéria-prima como material básico que foi adquirido pela empresa para entrar no processo produtivo e requer processamento necessário para ser transformada em produto. Geralmente este tipo de estoque encontra-se em armazéns ou depósitos de matéria-prima, sendo liberado mediante requisição do setor de produção para ser usado e transformado. A autora defende que o estoque de matéria-prima deve ser mantido na quantidade suficientes para atender a demanda da produção que segue a demanda dos clientes.

Segundo SILVA (2019) o estoque de matéria-prima é destinado para os materiais básicos e necessários para a produção do produto acabado e o seu consumo é proporcional ao volume da produção. Empresas que fabricam produtos complexos com inúmeros componentes podem ter em seu estoque de matérias-primas, itens já processados, que foram adquiridos de outras empresas ou transferidos de outras áreas da mesma empresa.

DIAS (2010) cita em sua literatura que o estoque de matérias primas é o estoque de materiais básicos e necessários para a produção do produto acabado. O autor aprofunda sua definição ao afirmar que existem algumas situações em que as empresas utilizam vários itens para fabricação e o estoque de matéria prima pode ser constituído também de produtos já acabados, que foram adquiridos juntos a outras empresas ou processados e transferidos de outros setores da mesma empresa.

2.1.1.2 - Estoque de material em processo (WIP)

CHIAVENATO (2005) denomina o estoque de peças em processo como, materiais em vias, pois tratam-se de materiais que já estão sendo utilizados nos diversos setores da empresa, esses materiais ingressaram na empresa como matéria-prima e se encontram no fluxo do processo produtivo. Há ainda o estoque de produtos semiacabados, que compõe os materiais que se encontram estocados em estágios de acabamento, faltando poucas etapas para de tornar material final ou produto acabado.

Para BAZANTE (2016), o estoque de material em processo concentra todo material cujo seu processamento está em algum estágio intermediário antes de se tornar produto acabado, esse estoque fica em um espaço dentro do setor produtivo e não podem

voltar para o almoxarifado por não serem mais matéria-prima, nem levado para o depósito por ainda não serem produtos finais.

DIAS (2010) define o estoque de produtos em processo como todos os materiais que estão sendo usados no processo de fabricação, esses produtos estão parcialmente acabados em algum estágio intermediário da produção. Qualquer produto em processo, peça ou componente que já foi processado de alguma forma, mas que ainda terá outras características até o final do processo produtivo. Quanto maior for o ciclo de produção de uma empresa, maior será seu estoque de produto em processo, pois há uma relação direta entre o nível médio do estoque de peças em processo e a duração do processo produtivo.

2.1.1.3 - Estoque de produto acabado (PA)

CHIAVENATO (2005) faz duas referências a este estoque; a primeira, faz referência às empresas que desenvolvem suas atividades voltadas pra produção de componentes, para a empresa, estes componentes são produtos acabados, porém, tratam-se de peças isoladas que serão anexadas a um produto, este sim um produto final. Porém, independentemente de ser um componente ou um produto com vários componentes agregados, os produtos do estoque de produto acabado tiveram seu processo finalizado, passando por todas as fases anteriores, matéria-prima e material em processamento, sofrendo acréscimos e transformações ao longo do processo produtivo.

Segundo BAZANTE (2016), o estoque de produto acabado é o estoque composto pelo produto que teve seu processo de fabricação terminado, ou seja, armazena e retém todos os produtos prontos para serem vendidos ou expedidos para os clientes.

O estoque de produtos acabados é composto pelos itens que já tiveram seu processo de fabricação finalizado, mas ainda não foram vendidos. Nas indústrias que produzem por encomenda o estoque de produto acabado tende a ser baixo ou, podemos dizer, bem próximo de zero, afinal todos os itens já foram vendidos antes de serem produzidos pelo setor de produção, muitas vezes, antes da compra da matéria-prima. Entretanto, para as empresas que produzem para fazer estoque, ocorre exatamente o contrário: os produtos são fabricados antes da venda e o nível de produtos acaba sendo determinado pela previsão de vendas, pelo processo produtivo e pelo investimento exigido em produtos acabados (DIAS, 2010).

2.1.2 - Necessidade de manter estoques

Os motivos que levam uma empresa a manter estoque, estão relacionadas às estratégias traçadas pelas empresas e podem estar associados a diversos fatores, BALLOU (2006) dividiu esses fatores em quatro: sendo a primeira: reduzir os custos de transporte e produção; a segunda: coordenar oferta e demanda; a terceira: assessorar no processo de produção; e a quarta: colaborar no processo de comercialização.

1. Custos de Transporte/ Produção - a armazenagem que está associada ao estoque tratam-se de despesas adicionais, que podem ser compensadas se os custos, a partir do aumento da eficiência no transporte e na produção, forem reduzidos.
2. Coordenação da oferta e da demanda - Trata-se da necessidade comum tanto em empresas de demanda sazonal, como também em empresas de demanda constante.
3. Suporte para atender à necessidade de produção - Os processos que possuem o estoque como uma de suas fases, por exemplo: queijos e vinhos, devido a necessidade do tempo de envelhecimento. Nesta condição há casos em que os estoques possuem um valor agregado além da sua manutenção.
4. Considerações de mercado - Trata de uma estratégia, pois aproximar o produto do cliente final, reduz o tempo de entrega e facilita a disponibilidade, dessa forma, com uma entrega mais rápida, a empresa tem um fator de peso para alavancar as vendas.

A Tabela 2.2 faz uma relação entre os 4 fatores apontados por BALLOU (2006) e seus objetivos estratégicos.

Tabela 2.2 - Estratégica de estoque.

FATOR	ESTRATÉGIA	OBJETIVO
FATOR 1	CUSTO	REDUZIR
FATOR 2	MERCADO	COORDENAR
FATOR 3	PRODUÇÃO	SUPORTE
FATOR 4	ENTREGA	AGILIZAR

Fonte: BALLOU (2006).

Para SILVA (2019), os estoques acontecem basicamente pela falta de sincronia entre a oferta e a demanda e esta diferença pode ser causada por diversas razões e para cada razão faz-se necessário um tipo de estoque. Partindo desse princípio, faz-se

necessário uma abordagem sobre os tipos de estoques existentes no decorrer da cadeia, suas diferenças, seus objetivos e principalmente suas necessidades.

De forma proporcional, a quantidade de estoque necessário está atrelada ao grau de independência requerido pela empresa, quanto mais estoque, mais independência existirá entre os processos; da mesma forma, quanto menos estoque, menos independência existirá entre os processos. A gestão dos estoques passa a ser acompanhadas à medida em que os processos de suprimento e demanda não podem ser sincronizados de forma idênticas a cada instante ao ponto em que as taxas de demanda e suprimento sejam iguais. A ausência desse equilíbrio exige que a análise e muitas vezes a gestão destes dois processos sejam realizadas de formas independentes, ao ponto em que este grau de independência necessário seja função das importâncias das limitações redução e das variabilidades nos dois processos (GIANESI e BIAZZI, 2011).

Para SILVA e RABELO (2017) atualmente há uma necessidade de se manter um estoque nas empresas, pois o estoque propicia a empresa recorrer a ele, sempre que necessário, para fazer uma reposição imediata na falta de algum item, gerando uma facilidade bem maior do que a dificuldade de efetuar uma compra e ter que esperar alguns dias pela chegada do item, correndo o risco de perder vendas e perder o cliente para a concorrência. Não deixando os custos de lado, e visando sempre obter resultados positivos para a empresa, além de ter um bom planejamento é importante desenvolver métodos de controles para acompanhar as entradas e saídas de materiais do estabelecimento, para com isso, saber o momento exato de se realizar as compras para a reposição dos itens no estoque.

2.1.3 - Gestão dos estoques

SLACK *et al.* (2006), afirma que a gestão de estoques surgiu das atividades de setor de compras das empresas, uma vez que este setor compreendia a importância de um fluxo de materiais e seu papel no suporte e integração deste fluxo, seja por meio do negócio ou até mesmo no fornecimento de produtos aos clientes. Dessa forma gerir o estoque abrange as funções que vão desde a compra dos insumos, o acompanhamento, a gestão de armazenagem, o planejamento e o controle de produção até a gestão de distribuição do produto final. A Figura 2.4 ilustra o fluxo de material desde o fornecedor de insumos até o cliente final, demonstrando os estoques que necessitam de controle no decorrer deste fluxo.

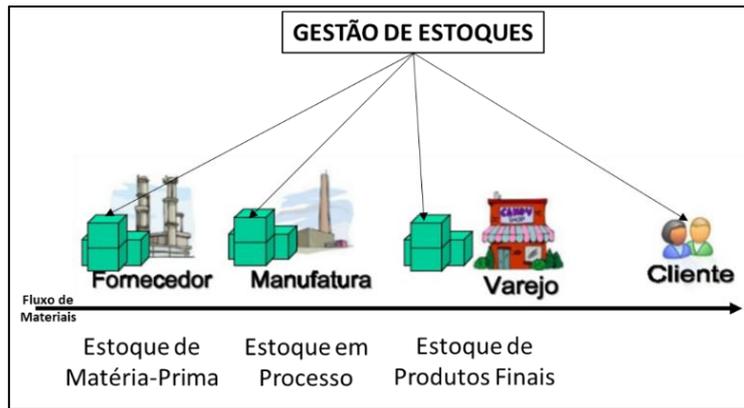


Figura 2.4 - Gestão de estoques e o fluxo de material.
 Fonte. SLACK *et al.* (2006).

DIAS (2010) reforça a importância de se controlar os estoques e alerta que este tipo de controle deve ser feito por profissionais que possuam amplo conhecimento no assunto, para que os resultados possam ser eficientes, principalmente nas atividades de armazenagem, movimentação, localização e distribuição.

Para GIANESI e BIAZZI (2011), é importante que o reconhecimento da necessidade de uma visão estratégica para a gestão dos estoques, ou seja, um entendimento mais profundo da própria atividade de gestão e de seus principais objetivos. Por princípio a gestão dos estoques tende agir sobre o processo de suprimento, uma vez que, não se pode exercer muita influência sobre o processo de demanda, já que o cliente não comprará produtos se não tiver necessidade dos mesmos, e o suprimento deve traduzir a decisão de que item suprir, em que quantidade e em que momento.

A equação básica que define a quantidade necessária de suprimento é dada por:

$$S = D + Ef - Ei \quad (2.1)$$

Onde:

S = quantidade de suprimento;

D = demanda prevista;

Ef = estoque final;

Ei = estoque inicial.

GIANESI e BIAZZI (2011) alertam sobre as dificuldades de se obter essas informações, uma vez que muitas empresas ainda não são eficientes em determinar o que possuem em estoque e muitas vezes, determinar o local que os itens estão estocados (Ei).

Para a previsão da demanda (D), os autores alertam sobre a técnica utilizada, que deve sempre considerar o padrão específico e que pode ocorrer itens diferentes possuam demandas diferentes, sendo necessária técnicas específicas para cada item. Quanto ao estoque final (Ef), é ressaltada a importância do objetivo da gestão, seja para atender a demanda, utilizando o estoque final como um estoque de segurança, seja para reduzir os custos, mantendo o estoque sempre no menor nível possível.

2.1.4 - Controle de estoques

O controle de estoque também possui papel fundamental na gestão financeira da empresa, pois a manutenção dos estoques é cara e o seu gerenciamento deve permitir que o capital investido seja minimizado. Dessa forma BALLOU (2006) evidencia a importância da análise dos níveis de estoques antes das compras, pois se a empresa mantém o estoque alto sem análise, as economias que deviam ser geradas pelas compras de lotes maiores, poderão ser escondidas pelos custos gerados na manutenção destes estoques.

Os estoques estão diretamente ligados à demanda e ter um controle que gerencie constantemente os níveis é essencial para estratégias que evitem grandes oscilações geradas pelas mudanças e a velocidade da demanda, ou seja, se as providências não forem tomadas em tempo hábil, a fim de evitar a quebra do fluxo, haverá um esvaziamento do estoque, com prejuízos para empresa, pois faltará produtos para os clientes. Em relação ao atendimento do cliente, BALLOU (2006) afirma que uma correta gestão dos estoques visa a melhoria dos serviços de atendimento ao consumidor, uma vez que para o autor, os estoques agem como amortecedores entre a demanda e o suprimento e podem proporcionar economia de escala nas compras e, além de agir como proteção contra aumento de preços e contingências.

2.1.4.1 - Lote econômico de compra (LEC)

Para DIAS (2010) o lote econômico passa pela decisão de se estocar determinado item e que esta decisão deve considerar basicamente 2 pontos:

- 1 – É economicamente viável estocar esse item?
- 2 – A estocagem desse item se faz necessária apenas para satisfazer um determinado cliente ou melhorar a relação com ele?

Em relação ao primeiro ponto destacado, DIAS (2010), afirma que este pode ser determinado de forma matemática, e que se o item excede os custos de compra ou produção, não é uma decisão econômica mantê-lo em estoque.

Quanto ao segundo ponto destacado por DIAS (2010), o autor ressalta ser uma decisão mais difícil, uma vez que não se pode atribuir um valor em dinheiro à satisfação do cliente, e o maior problema é que muitas vezes o tempo necessário para se produzir é maior do que o tempo que o cliente deseja esperar.

Para GONÇALVES (2007) o lote econômico é um método utilizado pela administração de compras com a finalidade de determinar uma quantidade de compra de determinado item, que atenda a uma determinada demanda, por determinado período. Este modelo, além de determinar um lote ou a quantidade de um produto a ser comprado, minimiza os custos de aquisição e armazenagem. O autor também define alguns princípios para a utilização do lote econômico conforme listados abaixo:

- O consumo do item deve se manter constante e não sofrer alterações;
- O item deve ser produzido e comprado em lotes;
- Os custos incidentes são dois; custos relacionados à manutenção do item em estoque e o custo de preparação do pedido;
- Não devem existir incertezas com relação à demanda, tempo de entrega ou suprimento;
- As faltas desse item no estoque não são permitidas.

De acordo com SLACK *et al.* (2006) o lote econômico de compra é a abordagem mais comum quando se busca encontrar o equilíbrio entre as vantagens e desvantagens de se manter estoques, ajudando nas decisões de quanto e quando pedir de determinados itens para reabastecimentos.

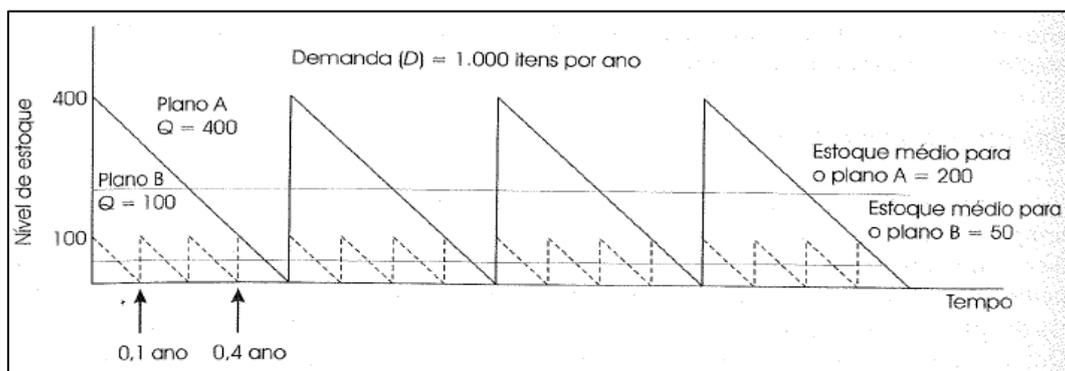


Figura 2.5 - Planos de estoques alternativos com diferentes quantidades de pedidos.
Fonte: SLACK *et al.* (2006).

Na Figura 2.5 SLACK *et al.* (2006) faz o comparativo entre duas políticas de estoques, a primeira política denominada por plano A e representada pela linha contínua, e a segunda política denominada por plano B e representada pela linha pontilhada. Em ambos os casos, as duas políticas tratam do mesmo item, com demanda anual de 1000 peças. A política A realiza pedidos de 400 peças por vez, tendo como estoque médio 200 peças, ou seja, no período de 1 ano serão realizados 4 pedidos, disparados quando o nível de estoque estiver em 200 peças. A política B realiza pedidos de 100 peças por vez tendo seu pedido de reabastecimento disparado sempre que o estoque estiver em 50 peças. Dessa forma a política B realizará no mesmo período 16 pedidos.

Para que seja definido política A ou política B como a “ideal” é necessário levar em consideração:

- Os custos de manutenção do estoque, custos de capital parado e os custos de obsolescência para o item estocado, este podendo ser calculados pela função:

$$C_e \times \frac{Q}{2} \tag{2.2}$$

Onde:

C_e = Custo de Estoque;

Q = Quantidade de peças por pedido;

2 = Indicador médio de estoque (50% do total pedido).

- Os custos de pedidos, considerar os custos de efetivação de pedido, incluindo o frete e os custos por descontos advindos de grandes quantidades adquiridas, este podendo ser calculado pela função:

$$C_p \times \frac{D}{Q} \tag{2.3}$$

Onde:

C_p = Custo do pedido;

D = Quantidade de pedidos por período;

Q = Quantidade de peças por pedido.

Para encontrar o custo total devemos utilizar uma função, levando em consideração o custo do estoque + o custo de pedido, portanto:

$$Ct = \frac{CeQ}{2} + \frac{CpD}{Q} \quad (2.4)$$

Após montar a função do custo total, SLACK *et al.* (2006) afirma que é possível calcular diferentes planos com diferentes quantidades de pedidos, onde à medida que os valores de Q diminuem os custos de manutenção de estoque também diminuem, mas os custos de pedidos aumentam, devido a sua alta frequência. De forma inversa, quando os valores de Q aumentam, os custos de manutenção também aumentam e os custos de pedidos diminuem.

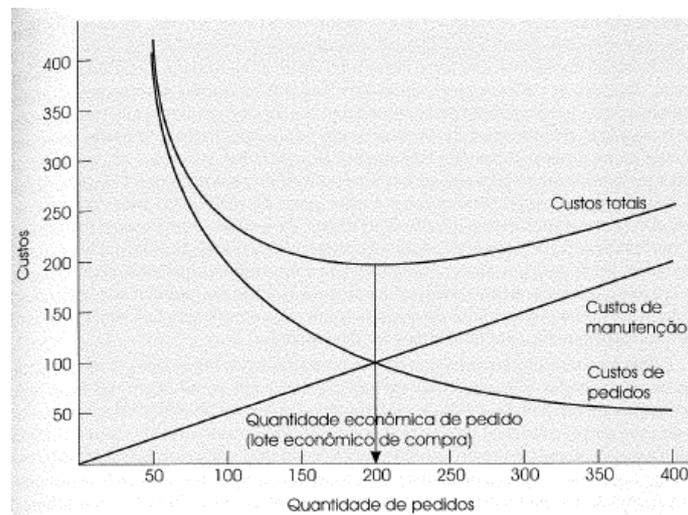


Figura 2.6 - Representação gráfica da quantidade econômica de pedido.
Fonte: SLACK *et al.* (2006).

A quantidade de pedido será ótima quando os custos de manutenção e os custos de pedidos sejam iguais, neste ponto, o custo total atingirá seu menor impacto, este ponto é chamado de LEC (Lote Econômico de Compra). A Figura 2.6 ilustra o comportamento dos custos.

2.1.4.2 - Curva ABC

Segundo PINTO (2002), a curva ABC é uma ferramenta fundamentada no teorema de Pareto, criada pelo economista Vilfredo Pareto, na Itália, no século XIX, onde

realiza a classificação de materiais de forma estatística, considerando a importância dos materiais, de acordo com a quantidade utilizada e no seu valor monetário.

Para CHIAVENATO (2005) ao classificar os materiais utilizando a curva ABC, a atenção principal da empresa se volta para os itens de classe A, que apesar de concentrar a menor quantidade de itens, possui um alto valor financeiro agregado, chegando a aproximadamente 80% do valor investido no estoque, já os itens da classe B passam a receber uma atenção menor, com investimento monetário mediano, enquanto os itens da classe C podem ser tratados com menos exigência, pois seu valor monetário é pequeno.

De acordo com DIAS (2010) a curva ABC é de fundamental importância para o gestor de estoque, uma vez que esta ferramenta permite a identificação dos itens que necessitam de maior atenção e de um acompanhamento diferenciado da gestão. Para o autor a curva ABC ordena os itens do estoque conforme a sua importância relativa e podem ser subdivididos em três classes mediante ao resultado de uma classificação ABC, como segue:

- Classe A: São os itens mais importantes e com maior relevância para a empresa e devem ser tratados com uma atenção especial pelo responsável de controle de estoques.
- Classe B: São itens intermediários, nem tão importante quanto os itens da classe A, porém, com maior importância quando comparados aos itens da classe C.
- Classe C: Grupo de itens que são poucos importantes e esclarecem a menor atenção por parte do setor administrativo. (DIAS, 2010).

SLACK *et al.* (2006) define a curva ABC como uma ferramenta utilizada para classificar os diferentes tipos de itens que são mantidos no estoque, de acordo com sua frequência de uso e seu valor financeiro, permitindo que os gestores dos estoques possam concentrar seus esforços principais no controle dos itens mais significativos. Geralmente, uma pequena proporção de itens em estoque, cerca de 20%, vão agregar uma grande quantidade financeira, cerca de 80%.

SLACK *et al.* (2006) descreve e ilustra através da Figura 2.7, a distribuição das três classes da curva ABC da seguinte forma:

Os itens da classe A representam 20% da quantidade total de peças no estoque e 80% do valor investido no estoque.

Os itens da classe B são itens de valor médio, correspondente a 30% dos itens estocados e 10% do valor investido no estoque.

Os itens da classe C possuem baixo valor, corresponde certa de 50% dos itens estocados e representa 10% do valor investido no estoque.

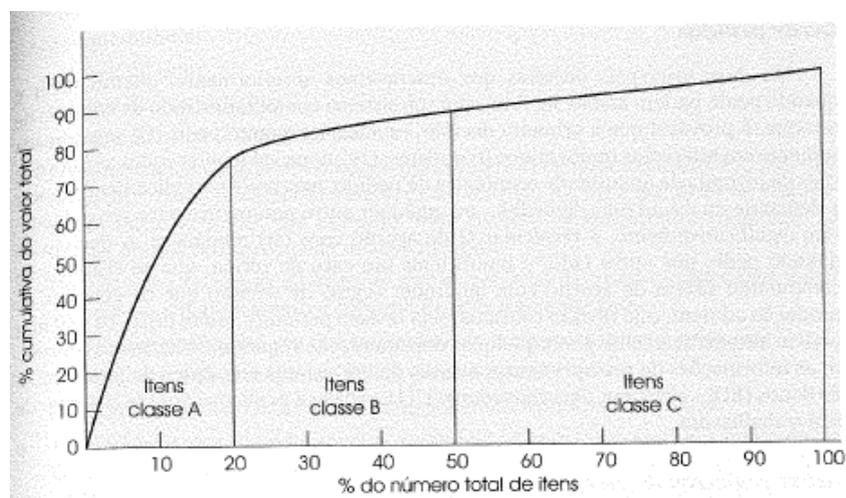


Figura 2.7 - Curva de Pareto para itens em estoque.
Fonte: SLACK *et al.* (2006).

DIAS (2010) simula de forma simplificada, as etapas de execução da curva ABC, utilizando 10 itens como exemplo, podendo ser utilizado para qualquer quantidade de itens.

A primeira etapa é a coleta dos dados, representada pela Tabela 2.3, com a ordenação dos itens considerando o consumo anual (preço unitário x Consumo Anual).

Tabela 2.3 - Coleta de dados de materiais.

MATERIAL	R\$ UND	CONSUMO ANUAL	R\$ ANUAL	GRAU
A	1	10.000	10.000	8°
B	12	10.200	122.400	2°
C	3	90.000	270.000	1°
D	6	4.500	27.000	4°
E	10	7.000	70.000	3°
F	1200	20	24.000	6°
G	0,6	42.000	25.200	5°
H	28	8.000	22.400	7°
I	4	1.800	7.200	10°
J	60	130	7.800	9°

Fonte: Adaptado de DIAS (2010).

A segunda etapa é a ordenação dos dados referentes aos materiais, organizando-os em ordem decrescente, de acordo com o valor de consumo anual. Conforme mostrado na Tabela 2.4.

Tabela 2.4 - Ordenação dos dados de materiais.

GRAU	MATERIAL	CONSUMO ANUAL	R\$ ANUAL	GRAU
1°	C	270.000	270.000	46%
2°	B	122.400	392.400	67%
3°	E	70.000	462.400	79%
4°	D	27.000	489.400	84%
5°	G	25.200	514.600	88%
6°	F	24.000	538.600	92%
7°	H	22.400	561.000	96%
8°	A	10.000	571.000	97%
9°	J	7.800	578.800	99%
10°	I	7.200	586.000	100%

Fonte: Adaptado de DIAS (2010).

A terceira etapa é formada através de um plano cartesiano, onde o eixo X representa os itens, e o eixo Y representa as somas relativas aos valores de consumo. A Figura 2.8, utilizando os conceitos de Pareto, ilustra os dados que darão origem à curva ABC.

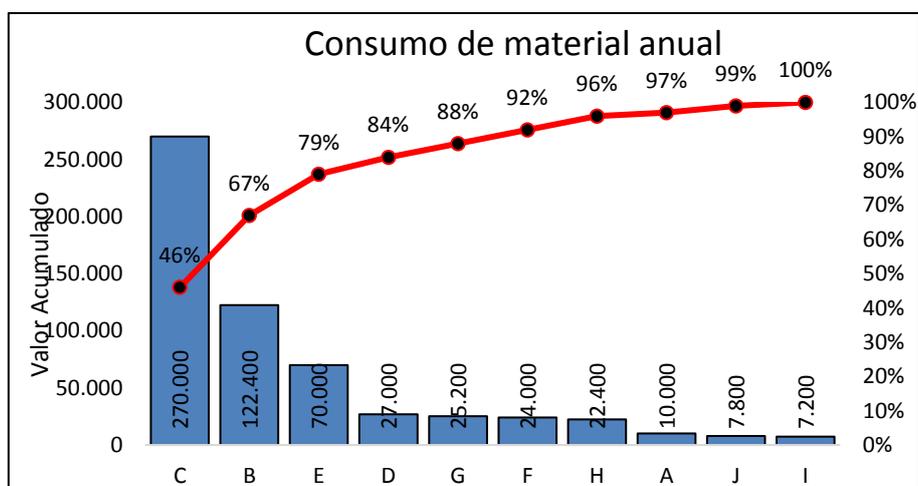


Figura 2.8 - Ordenação dos itens na curva ABC.

Fonte: Adaptado de DIAS (2010).

Na quarta etapa, o Gráfico encontrado na etapa anterior é subdividido em três classes: A, B e C, onde podemos adotar o critério geral da regra 80/20, conforme a Figura 2.9 apresenta.

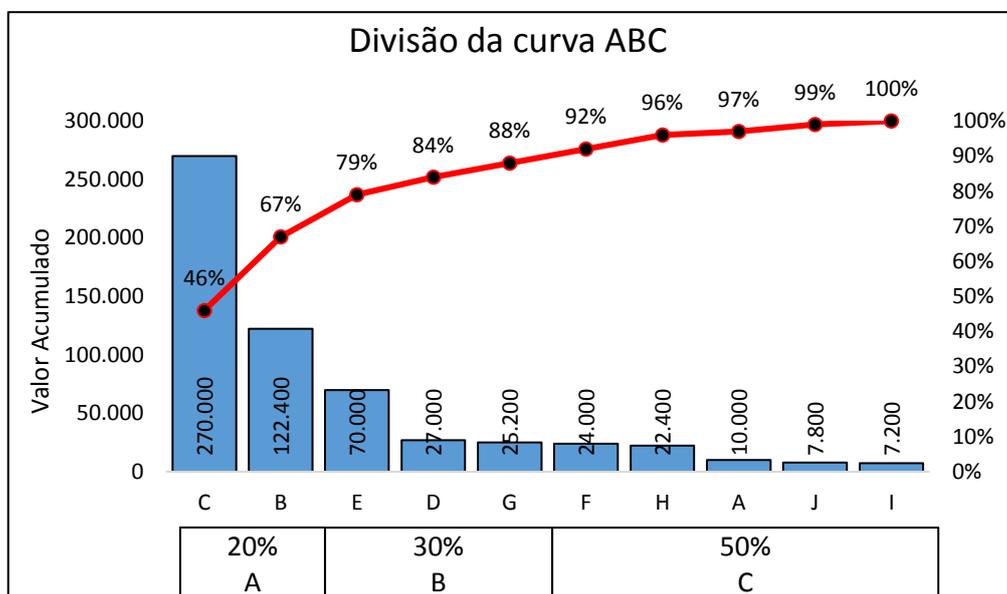


Figura 2.9 - Divisão das classes ABC.
Fonte: Adaptado de DIAS (2010).

Por fim, podemos aplicar a curva ABC em uma gama de possibilidades, em empresas de pequeno, médio e grande porte, dotadas de sistemas totalmente informatizados, ou controles mais simples. A divisão da curva em apenas três classes fica a critério e à escolha de cada um, podendo ser possível estabelecer quantas classes forem necessárias (DIAS, 2010).

2.1.4.3 - Sistema de duas gavetas

O sistema de duas gavetas traz grandes vantagens para quem o utiliza, principalmente por ser um sistema de simplificação dos procedimentos burocráticos, necessitando que a armazenagem dos itens seja próxima, visando agilizar, facilitar e evitar problemas na aquisição de novos itens. Neste sistema o item comprado fica armazenado em duas gavetas ou caixas, de forma que quando finalizam os itens da primeira gaveta, o setor de compras é acionado para que seja realizado um novo pedido antes que acabem os itens da segunda gaveta (CHIAVENATO, 2005).

Para SILVA, GANGA e JUNQUEIRA (2004), o sistema duas gavetas se assemelha ao sistema de kanban de sinal, utilizando a própria gaveta como informação

para informar ao fornecedor a necessidade de repor uma nova quantidade de peças para a empresa. Esse sistema reduz a quantidade de em processo e agiliza a empresa para responder ao cliente de forma rápida e eficiente, além de auxiliar no processo de identificação de defeitos, impedindo o fluxo de peças defeituosas pelas etapas de produção.

Para ARNOLD (1999), o sistema de duas gavetas é uma quantidade reserva do ponto de pedido, armazenado em uma caixa reserva, que só será utilizada quando finalizar os itens do estoque principal, a primeira caixa. Ao iniciar a utilização dos produtos da segunda caixa, um novo pedido de compras é emitido pelo departamento de compras. Por se tratar de produtos de baixo valor, itens da classe C, as empresas decidem por não investir muito tempo nem dinheiro no seu controle, mas não dispensa a necessidade de controle para que não falem peças na empresa.

Conforme DIAS (2010), o sistema de duas gavetas é o método mais simples para controle de estoque e sua aplicação é recomendada para controle de peças da classe C, uma vez que cada item do estoque terá sua quantidade duplicada e os produtos da classe C tem pouco impacto financeiro. Segundo o autor, o sistema de duas gavetas é muito utilizado por pequenos comércios varejistas e sua grande vantagem é a redução da burocracia para a reposição de material. O estoque inicial é composto por duas caixas, ou gavetas, de forma que a caixa A, será utilizada como uma caixa “reserva”, com material suficiente para o atendimento do consumo durante o período de aquisição de novos materiais, mais o estoque de segurança. De acordo com a Eq. (2.5):

$$Q = (C \cdot TR) + E \cdot Mn \quad (2.5)$$

Com relação à caixa B, DIAS (2010), afirma que esta comportará a quantidade de material necessário para o consumo no período definido, sendo movimentada de acordo com as requisições de materiais que chegam ao almoxarifado. A Figura 2.6 representa as caixas A e B no estoque inicial.

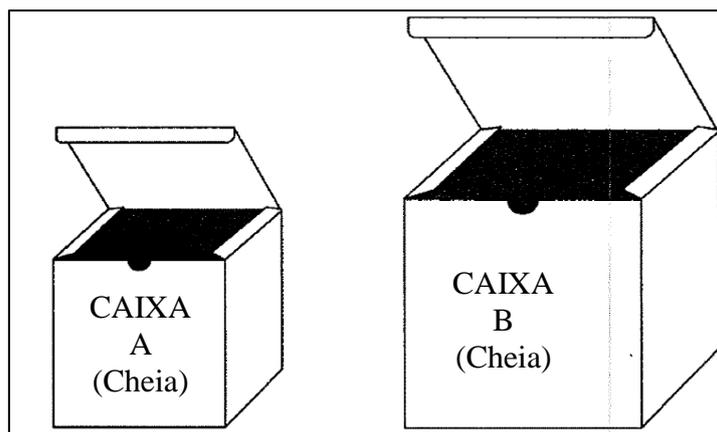


Figura 2.10 - Caixas A e B do sistema de duas gavetas.
Fonte: DIAS (2010).

DIAS (2010) afirma que um novo pedido de compras será realizado apenas quando finalizar as peças da caixa B e as requisições de materiais passam a ser atendidas com as peças da caixa A, conforme ilustrado pela Figura 2.7.

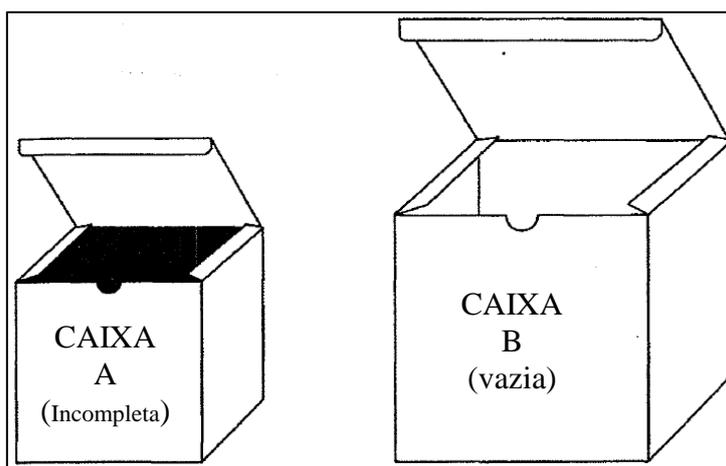


Figura 2.11 - Caixas A e B – Ponto de pedido de compras.
Fonte: DIAS (2010).

DIAS (2010) ressalta que após o recebimento do material comprado para o reabastecimento da caixa B, deve-se completar o nível de estoque da caixa A, e o material restante ser alocado na caixa B, que voltará a tender as requisições de material novamente, conforme mostra a Figura 2.8.

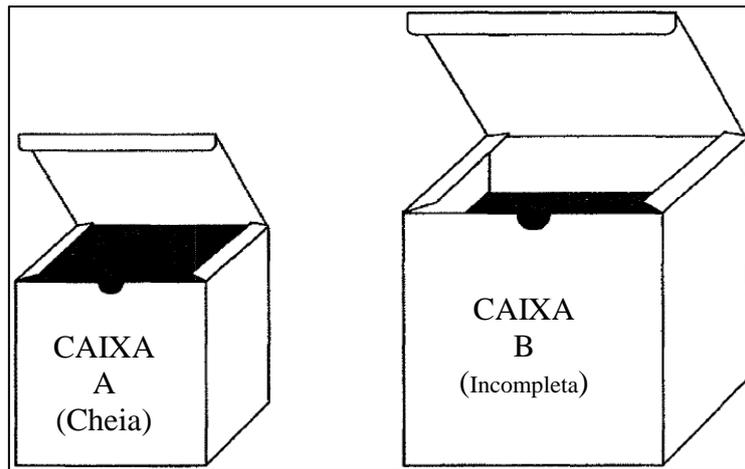


Figura 2.12 - Caixas A e B – Estoque abastecido.
Fonte: DIAS (2010).

2.1.4.4 - Sistema de máximo e mínimo

O sistema de controle de Máximo e Mínimo pode ser desenvolvido de forma automática, entretanto, quando desenvolvido de forma manual, não gera a exigência de pessoas com alta qualificação, uma vez que as quantidades de reposição, máximas e mínimas são pré-estabelecidas. A aplicação do sistema baseia-se no nível do estoque, que ao atingir o nível mínimo, é automaticamente solicitada a quantidade já definida para alcançar o nível máximo do estoque (BAZANTE, 2016).

Para DIAS (2010) o sistema de máximo e mínimo auxilia na reposição de peças no estoque de acordo com as variações de consumo no decorrer do tempo, uma vez que não há como definir com exatidão a quantidade de material a ser utilizado em determinado período, dificultando a definição de um ponto de pedido eficiente. Para que o sistema de máximo e mínimo funcione de forma eficiente é necessário que:

- a) Os consumos previstos sejam determinados;
- b) O período de consumo seja definido;
- c) O ponto de pedido seja determinado de acordo com o tempo de reposição dos fornecedores;
- d) Seja executado os cálculos para os níveis máximos e mínimos do estoque;
- e) Seja definido o lote de compra.

A vantagem do sistema de controle de máximo e mínimo é a possibilidade de uma automação do processo de reposição de materiais, estimulando o uso do lote econômico

de forma natural nas atividades da empresa, além de ser um sistema totalmente adequado para controle dos itens das classes A, B e C da curva ABC (DIAS, 2010).

BORBA *et al.* (2015) define, dentro da sistemática de controle de máximo e mínimo, o nível mínimo é como um estoque de segurança ou estoque reserva, pois trata-se da quantidade mínima de materiais que deve compor o estoque, com a finalidade de conter as variações de demanda durante o período de ressurgimento do material, mas pode ser necessário em casos onde ocorram falhas por parte dos fornecedores, imprevistos nas linhas de produção, antecipações da demanda, entre outros fatores. O nível máximo do estoque, por sua vez, trata-se da somatória do Estoque mínimo + Lote de Compra, sempre tomando os cuidados para não ultrapassar o nível máximo e aumentar os custos de manutenção do mesmo.

POZO (2007) afirma que para calcular o estoque mínimo, no sistema de controle máximo e mínimo é necessário seguir três etapas, conforme segue:

- a) Determinar o consumo médio mensal da demanda. Para isso, podemos utilizar a Eq. (2.6):

$$Cmd = \frac{\sum C}{n} \quad (2.6)$$

Onde:

Cmd = Consumo médio mensal;

C = Consumo mensal do item;

n = Número de períodos.

- b) Calcular o desvio padrão do consumo. Para isso, podemos utilizar a Eq. (2.7):

$$\delta = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (C - Cmd)^2}}{n - 1} \quad (2.7)$$

Onde:

δ = Desvio Padrão de Consumo;

C = Consumo mensal do item;

Cmd = Consumo médio mensal;

n = Número de períodos.

c) Calcular o estoque mínimo do item. Para isso, podemos utilizar a Eq. (2.8):

$$E_{min} = \delta \cdot k \quad (2.8)$$

Onde:

E_{min} = Estoque mínimo;

δ = Desvio de padrão de consumo;

k = Coeficiente do grau de risco.

Além das três etapas citadas, POZO (2007), afirma que esse sistema permite definir o grau de risco desejado para atendimento do cliente, levando em consideração os custos e benefícios proporcionados de acordo com o volume de estoque. Na Tabela 2.5 o autor apresenta os coeficientes *k* e seus graus de riscos proporcionais.

Tabela 2.5 - Coeficiente *k* para graus de atendimento com riscos percentuais.

Risco (%)	<i>k</i>	Risco (%)	<i>k</i>	Risco (%)	<i>k</i>
52,000	0,102	80,000	0,842	90,00	1,282
55,000	0,126	85,000	1,036	95,000	1,645
60,000	0,253	86,000	1,085	97,500	1,960
65,000	0,385	87,000	1,134	98,000	2,082
70,000	0,524	87,500	1,159	99,000	2,326
75,000	0,674	88,000	1,184	99,500	2,576
78,000	0,775	90,000	1,233	99,900	3,090

Fonte: POZO (2007).

2.2 - JUST IN TIME (JIT)

Por definição do conceito do sistema Just in Time, o estoque é considerado um desperdício dentro das organizações, uma vez que estes tendem a esconder as falhas do processo produtivo, e o Just in Time prega técnicas que permitem fabricar produtos com qualidade, no momento e lugar corretos, eliminando perdas e ociosidades no processo. Dessa forma, o Just in Time permite o desenvolvimento de ações que definam diferentes formas para atingir o objetivo das organizações para minimizar os impactos dos estoques. Na administração da produção o Just in Time revela que os estoques podem ter relevância

positiva ou negativa para o processo, elevando a importância do controle e do acompanhamento, buscando sempre a redução ou até mesmo a eliminação dos estoques nas plantas fabris (BIANCHI, 2011).

Segundo KRAJEWSKI, RITZMAN e MALHOTRA (2009), a filosofia do Just in Time define uma política simples e eficaz que busca eliminar os desperdícios através da redução dos estoques e eliminação das atividades que não agregam valor, promovendo a otimização dos recursos, fluxos de informações, além das regras e procedimentos. Os autores ressaltam a importância que os estoques possuem dentro das empresas, não apenas relacionado ao fator econômico, por agregar um investimento significativo, mas também pelo fator gerencial, que quando é realizado de forma correta, visando a redução dos estoques, proporciona a identificação de problemas que muitas estão camuflados pelo excesso de material e produtos nos estoques. Identificar os problemas e resolvê-los de forma rápida e eficiente, melhora o desempenho produtivo e torna a empresa cada vez mais competitiva no mercado.

PADOVEZE (2004) explica que na filosofia do Just in Time as compras de materiais devem ser realizadas apenas no momento em que forem processadas pela produção, e estas precisam ser processadas e expedidas rapidamente, para que não haja estoques de materiais e nem de produtos em processos ou acabados após o fim de cada etapa de montagem ou processamento, dando continuidade ao fluxo correto, sempre no momento certo.



Figura 2.13 - Fluxo de produção e estoques num sistema tradicional.

Fonte: PADOVEZE (2004).



Figura 2.14 - Fluxo ideal da produção e estoques num sistema Just-in-time.

Fonte: PADOVEZE (2004).

Nas Figuras 2.13 e 2.14, PADOVEZE (2004), faz uma comparação entre um fluxo de produção tradicional e um fluxo de produção utilizando o Just in Time, na Figura 2.13, que representa o sistema tradicional, é possível observar a existência de estoques que

representam materiais e produtos parados em vários pontos do processo. Entretanto, na Figura 2.14, que representa um sistema Just in Time, é possível observar a inexistência dos estoques, mantendo um fluxo mais harmônico e eficiente entre os fornecedores, produção e clientes.

2.2.1 - Sistema de puxada

HORNBURG *et al* (2008) afirma que o sistema de puxada se inicia na conformação do pedido do cliente, a partir de uma previsão de demanda que parte do mesmo, essa confirmação de demanda permite a produção iniciar o processamento dos produtos, visando atender as necessidades imediatas do cliente e com isso estará gerando a necessidade de um novo lote ao fornecedor.

Para BARCO e VILLELA (2008), o sistema de produção puxada permite que seja processado um item que acabara de ser definido pelo cliente, sem que haja a necessidade de uma programação antecipada do mesmo, visando ajustar a demanda à produção de forma que a compra, processamento e o transporte ocorram apenas no momento certo, de acordo com as quantidades necessárias.

O sistema de produção puxada se diferente do sistema de produção empurrada, por esse motivo, LEMOS (1999) chama atenção para que no sistema de produção puxada os recursos disponíveis sejam utilizados de maneira coerente, dando a prioridade para a otimização do fluxo produtivo e não para as capacidades individuais de cada processo, devendo ser a produção de cada lote de produto iniciada somente a partir do efetivo consumo dos mesmos no processo seguinte ou no cliente.

O sistema de produção puxada tem seu início último processo da empresa, geralmente no estoque de produtos acabados, ou no setor de expedição, antes mesmo de haja um fluxo contínuo. Por esse motivo, este sistema gera a necessidade de que existam pequenos e controlados estoques entre todas as etapas do processo, sendo esses pequenos estoques conhecidos como supermercados (MENEGON, NAZARENO e RENTES, 2003).

2.2.2 - Sistema kanban

O kanban é uma palavra de origem japonesa, que em sua essência tem como significado principal “cartão” ou “sinalização”, e é utilizado como informação dentro do

sistema de puxada, na aplicação da filosofia Just in Time. BIANCHI (2011) ressalta que o sistema kanban é uma técnica que utiliza cartões, que por sua vez representam os lotes de produção, permitindo ao operador de um processo, saber qual item é preciso produzir para atender a necessidade do seu cliente ou processo seguinte, permitindo com que os estoques intermediários, movimentem-se de forma cíclica em acordo com as necessidades do cliente, diferentemente do sistema tradicional onde é formado estoque onde não é necessário e falta produto onde é necessário.

Para SUGIMORI *et al.* (1977), o sistema kanban foi desenvolvido para materializar a produção com a filosofia dos Just in Time, se tornando uma técnica muito importante principalmente para a indústria de manufatura automotiva, além de parte fundamental do Sistema Toyota de Produção (TPS). No sistema kanban o pedido é realizado através de um cartão, que contém todas as informações necessárias sobre o produto ou peça, logo, este cartão pedido recebe o nome de “kanban” e é utilizado em conjunto com os supermercados, que possuem a quantidade de peças padronizadas e pré-determinadas na quantidade suficiente para atender apenas o período de reposição dos lotes que foram levados pelo cliente. Neste caso, um cartão Kanban é informação que autoriza a solicitação ou produção de peças para repor aqueles itens ou produtos que foram consumidos no supermercado.

De acordo com MOURA (1999), no sistema kanban o fluxo do processo é definido pelo processo da montagem final ou pelo último processo produtivo que o produto passar, fazendo com que diariamente os setores que abastecem este processo, recebam as requisições de peças necessárias. Sempre que há a necessidade de peças no processo, o colaborador envia o cartão pedido ao seu fornecedor imediato, e é neste momento que o kanban se apresenta como cartão pedido, sinalizando a necessidade de peças no processo seguinte. Para o autor, a produção no tempo certo requer sincronização entre todos os processos de manufatura, permitindo com que os produtos necessários sejam produzidos na quantidade necessária e no tempo necessário.

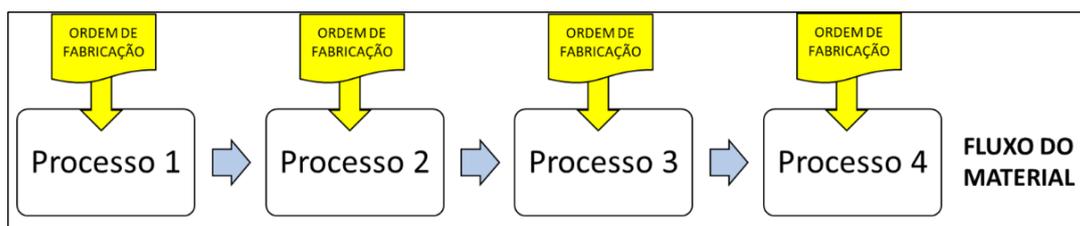


Figura 2.15 - Planejamento convencional.
Fonte: Adaptado de MOURA (1999).

A Figura 2.15 ilustra a situação de um planejamento tradicional, referindo-se ao sistema “empurrado” de produção, que emite ordens de produção específicas, e muitas vezes com peças e quantidades diferentes, para cada posto de trabalho.

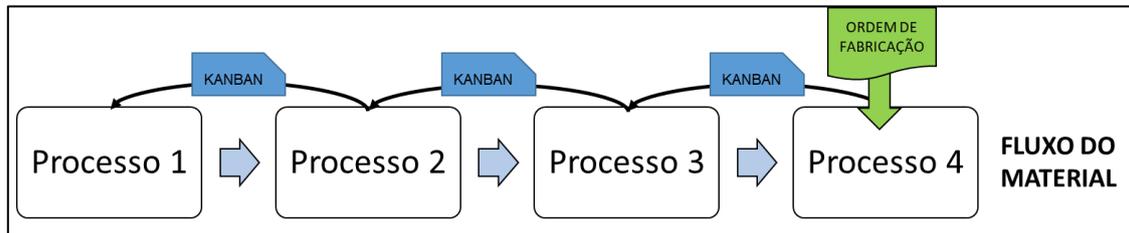


Figura 2.16 - Planejamento com Kanban.
Fonte: Adaptado de MOURA (1999).

A Figura 2.16 ilustra a situação de um planejamento através do sistema kanban, onde a regra básica se resume em entregar a ordem de fabricação ao último posto, que compra material do supermercado do posto anterior, que, por sua vez, compra no supermercado do anterior e assim sucessivamente.

2.3 - LÓGICA FUZZY

Para CHERRI, JÚNIOR e SILVA (2011) a lógica fuzzy é uma generalização da teoria dos conjuntos clássica na solução de paradoxos encontrados a partir de uma classificação padrão "verdadeiro ou falso" da lógica tradicional. Sabe-se que uma proposição lógica padrão possui dois extremos: ou "completamente verdadeira" ou "completamente falsa", não permitindo resultados diferentes dos exemplificados, e, na lógica fuzzy, um resultado pode variar, tornando-parcialmente verdadeiro ou parcialmente falso.

Segundo RIGNEL *et al.* (2011) o conceito da lógica fuzzy pode ser comparado a uma situação em que não é possível responder de forma exata, simplesmente "sim" ou "não", “certo” ou “errado” ou até mesmo 0 ou 1. Ao obtermos amplos conhecimentos das condições e informações necessárias sobre determinada situação, uma resposta entre o "sim" e o "não", como por exemplo um "talvez" ou um "quase", torna-se mais apropriado.

SILVA (2005) faz uma comparação da lógica fuzzy com a lógica booleana, uma vez que a lógica booleana permite apenas valores booleanos, ou seja, 0 ou 1, a lógica fuzzy, permite a tratativas de valores que variam entre 0 e o 1, permitindo a assim que um

valor de 0,5 possa ser interpretado como meio verdade, e um valor de 0,9 e 0,1, possam ser interpretados como quase verdade e quase falso, respectivamente.

MUKAIDONO (2001) afirma que a lógica fuzzy nasceu da necessidade de lidar com a complexidade dos problemas que não se satisfaziam com resultados lógicos, a teoria da probabilidade, que era usada com sucesso em muitas áreas científicas, não permitia a tratativas fáceis das incertezas detectadas nas pesquisas. Por exemplo, determinar que o período meia-idade inicia em 35 anos e termina em 55 anos, onde na lógica tradicional, um indivíduo com 34 anos só pertencerá a esse grupo após completar seu 35º aniversário, e após o seu 56º aniversário, não faria parte de tal grupo. Podemos observar na Figura 2.17 a definição de meia idade de acordo com a teoria de conjuntos convencional.

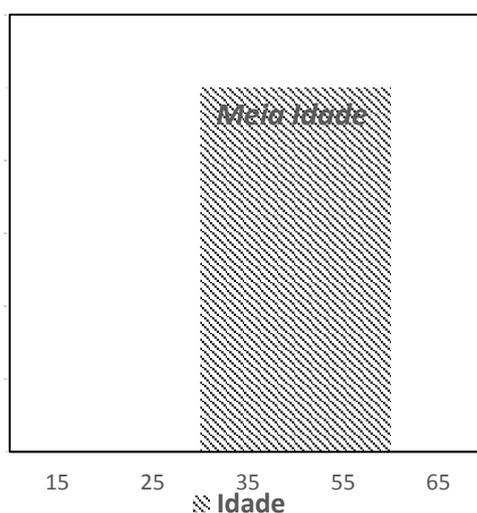


Figura 2.17 - Definição de meia idade em conjuntos convencionais.
Fonte: MUKAIDONO (2001).

Segundo MUKAIDONO (2001), ao aplicarmos o mesmo contexto, utilizando a lógica fuzzy, o período da meia idade se torna maior uma vez que uma pessoa de 25 e 65 anos já pertençam a tal grupo, suas pertinências são muito menores do que de uma pessoa de 45 anos. Podemos observar na Figura 2.18 a definição de meia idade de acordo com a lógica fuzzy.

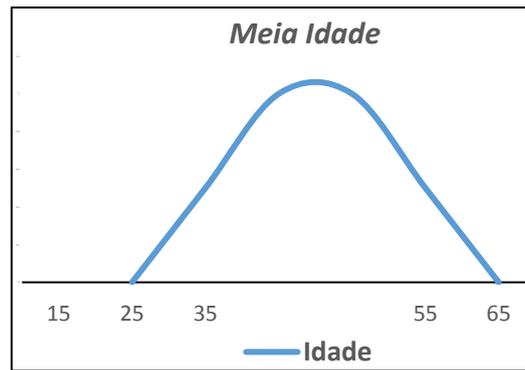


Figura 2.18 - Definição de meia idade em conjuntos fuzzy.
 Fonte: MUKAIDONO (2001).

De acordo com EW BANK e WANKE (2013), a lógica fuzzy nos permite modelar expressões matemáticas em linguísticas difíceis de mensurar, tais como muito, pouco, elevado, baixo, etc. E essa modelagem pode auxiliar os gestores em suas decisões que até então são pautadas com base em suas experiências relacionadas às quantidades, tais como “devemos aumentar o estoque” ou “devemos comprar pouca matéria-prima”.

A diferença entre a lógica fuzzy e a lógica booleana está na capacidade da lógica fuzzy, de se aproximar do mundo real, onde não temos apenas respostas exatas. Na lógica fuzzy temos a possibilidade do meio termo entre os extremos, além da possibilidade de mensurar seus graus de aproximação de um resultado exato e com isso conseguir os resultados de acordo com a necessidade (COX 1994).

COX (1994) utiliza a analogia de dois copos como exemplos para exemplificar a lógica fuzzy e como a mesma pode ser aplicada. Apresentaremos três exemplos utilizando as Figuras 2.19, 2.20 e 2.21.

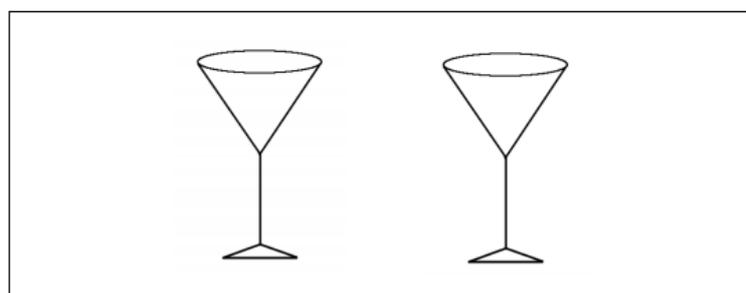


Figura 2.19 - Exemplo dos copos vazios.
 Fonte: COX (1994).

Ao considerarmos a Figura 2.19, aplicaremos uma questão relacionada a ela: Os copos estão cheios ou vazios? Considerando que ambos os copos não possuem nenhum líquido, obviamente a resposta seria – vazio.

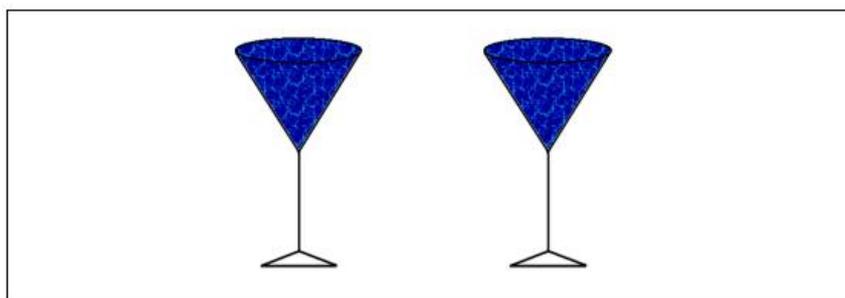


Figura 2.20 - Exemplo dos copos cheios.
Fonte: COX (1994).

Utilizando a mesma lógica, ao observarmos a Figura 2.20, e realizarmos o mesmo questionamento, a resposta seria a mesma para os dois copos – cheios.

Considerando as duas figuras apresentadas anteriormente não há nenhuma dúvida ou incerteza quanto as respostas encontradas ou algo que possa contradizer que ambas são totalmente verdadeiras, entretanto ao apresentar a Figura 2.21, essas certezas absolutas não podem ser validades com tanta precisão, principalmente ao ser submetida ao mesmo questionamento: Os copos estão cheios ou vazios?

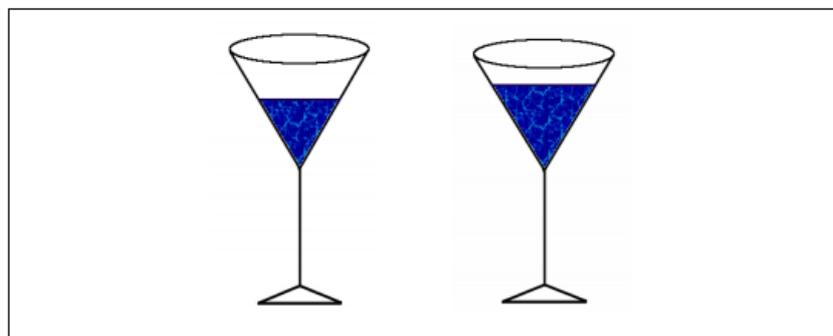


Figura 2.21 - Exemplo de copos com medida variada.
Fonte: COX (1994).

A diferença de volume de água em ambos os copos gera a dificuldade de se responder de forma exata a pergunta relacionada à Figura 2.21 e nos permite algumas possibilidades de respostas como: O copo da esquerda está meio vazio, enquanto o copo da direita está quase cheio. Mediante às afirmações incertas, ao utilizar a lógica fuzzy, pode-se criar linguisticamente valores que podem quantificar a quantidade de água dos copos, obtendo uma maior aproximação dos extremos apresentados nas Figuras 2.19 e 2.20. Essas variáveis linguísticas que se diferem entre a lógica tradicional e a lógica fuzzy, são extremamente relevantes, pois possibilitam definir o grau de incerteza presente nas variáveis e ajuda a na formulação para um modelamento matemático.

Segundo AGUADO e CANTANHEDE (2010), por ser altamente adaptável e proporcionar a proximidade com problemas do mundo real, a lógica fuzzy teve expressivo crescimento a partir da década de 80, principalmente no Japão, país que contribuiu de forma significativa para seu crescimento. Os autores citam que segundo ALTROCK (1996) a lógica fuzzy pode ser aplicada com sucesso em diversas áreas como: controle de fluxo de caixa, análise de risco, controle de estoques, avaliações, controle de qualidade entre outros, ganhando maior espaço atualmente em otimizações e automação industrial devido sua facilidade de retratar a lógica da racionalidade humana ao resolver problemas.

2.3.1 - Conjuntos fuzzy

Não há como apresentar as ideias básicas dos conjuntos fuzzy, sem que se faça menção à teoria dos conjuntos clássica, para que há um melhor entendimento entre ambas. Segundo GOMIDE e GUDWIN (1994), na teoria de conjuntos clássica, um elemento pode pertencer ou não a um determinado conjunto. Dado um universo U e um elemento particular $x \in U$, o grau de pertinência $\mu_A(x)$ com respeito a um conjunto $A \subseteq U$ é dada pela Eq. (2.9):

$$\mu_A(x) \begin{cases} 1 & \text{se } x \in A \\ 0 & \text{se } x \notin A \end{cases} \quad (2.9)$$

Ou seja, o resultado para o grau de pertinência $\mu_A(x)$ só poderá assumir o resultado 0 ou 1, esta portanto, é chamada de função característica na teoria clássica de conjuntos.

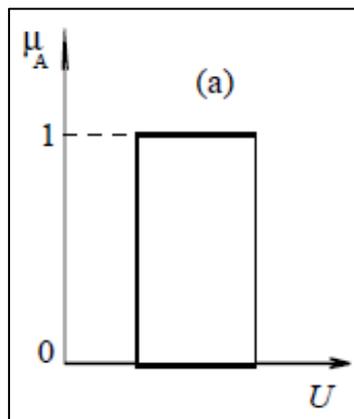


Figura 2.22 - Função de pertinência teoria clássica dos conjuntos.
Fonte: GOMIDE e GUDWIN (1994).

A Figura 2.22 demonstra que todos os resultados dentro de um erro percentual, terão um fator de pertinência 1, para os demais resultados, o fator de pertinência será 0.

Ao realizando a mesma analogia utilizando um conjunto fuzzy A, em um universo de discurso U, é definido por uma função de pertinência μ_A que assume valores em um intervalo [0,1]:

$$\mu_A = U \rightarrow [0,1] \quad (2.10)$$

No conjunto fuzzy o fator de pertinência pode assumir qualquer resultado entre 0 e 1, sendo que o resultado 0 indica uma completa exclusão e resultado 1 representa completa pertinência, conforme ilustrado na Figura 2.23.

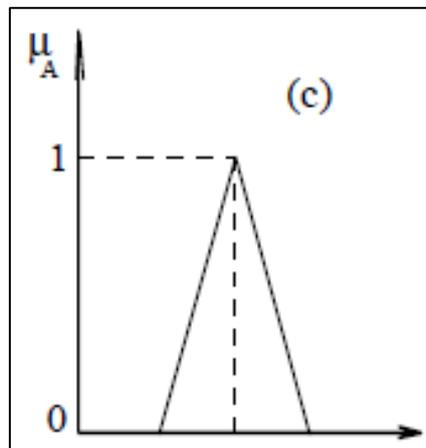


Figura 2.23 - Função de pertinência conjuntos fuzzy.
Fonte: GOMIDE e GUDWIN (1994).

Segundo SOUZA (2010), a teoria dos conjuntos fuzzy surgiu a partir de desafios no qual a propriedade que define o conjunto é incerta, e tem crescido consideravelmente com o passar dos anos, tanto do ponto de vista teórico, quanto no ponto de vista prático, com as aplicações em diversas áreas de estudo. Mas, o autor alerta que, embora a teoria dos conjuntos fuzzy estude os casos de incertezas, ela se trata de uma teoria é muito bem definida, onde a incerteza são as propriedades que definem os conjuntos em questão.

De acordo com JUNIOR, CERVI e CARPINETTI (2014), o grau de inclusão dos elementos em conjuntos fuzzy permitem a adequação no tratamento de incertezas, uma vez que após definido um universo em um conjunto fuzzy, cada elemento é representado por um valor crisp e um grau de pertinência. Essa modelagem de sistemas vem ganhando cada vez mais espaço nas soluções de problemas incertos.

2.3.2 - Variáveis linguísticas

Este padrão de respostas por aproximação é bastante comum em nosso cotidiano, tornando-se frequente em grande parte dos eventos do dia-a-dia, podendo ser compreendido como uma resposta aproximada, comumente conhecida como meio termos, condicionado às questões específicas a cada fato (AGUADO e CANTANHEDE, 2010).

Para GONÇALVES (2007), os valores de uma variável linguística são nomes de conjuntos fuzzy, com a função de fornecer uma resposta aproximada para questões e fenômenos complexos ou mal definidos, de maneira sistemática. A temperatura em um ambiente, por exemplo, pode ser uma variável linguística, uma vez que pode assumir resultados imprecisos como baixa, média e alta. Conforme ilustrado na Figura 2.24.

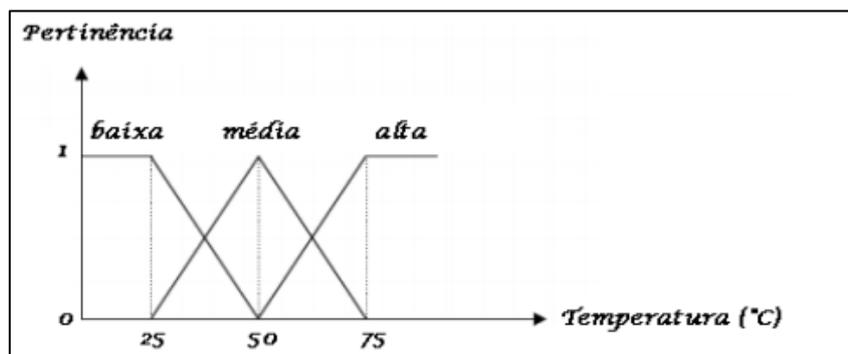


Figura 2.24 - Funções de pertinência para a variável de temperatura.

Fonte: GONÇALVES (2007).

De forma geral, os valores de uma variável linguística fuzzy, podem ser qualquer sentença que seja atribuída a uma linguagem especificada. Partindo desse princípio, GOMIDE *et al.* (2015) explicam que para representar os valores da variável linguística de temperatura podemos usar expressões como alta, não alta, muito alta, bastante alta, não muito alta, mas não muito alta, etc. Nestes exemplos, os valores atribuídos à variável, são sentenças formadas a partir do nome “alta”, da negação “não”, dos conectivos “e” e “mas”, e dos modificadores “muito” e “bastante”. Para gerar estes valores compostos, utilizam-se diversos termos, que podem ser divididos em três categorias:

Os termos primários, segundo GOMIDE *et al.* (2015), os termos primários tratam-se dos nomes de conjuntos fuzzy, especificados para um determinado universo (por exemplo alto, baixo, pequeno, médio, grande, zero). Estes termos estão associados diretamente a conjuntos fuzzy e são usualmente definidos de três funções específicas:

- Funções de pertinência analíticas;
- Funções de pertinência lineares;
- Funções de pertinência discretizadas.

Os conectivos lógicos são os conectivos de negação NÃO, os conectivos E e OU, e conectivos mascarados, como o MAS e o PORÉM.

A negação NÃO e os conectivos E e OU podem ser definidos em termos das operações de complementação, intersecção e união, respectivamente. Quanto aos conectivos mascarados, estes possuem correspondências funcionais aos conectivos E e OU. Por exemplo, *quente*, **MAS** (conectivo mascarado) *não muito quente* corresponde funcionalmente a *quente E não muito quente* (GOMIDE, GUDWIN e TANSCHHEIT, 2015).

Modificadores linguísticos servem para modificar o conjunto fuzzy associado a um termo linguístico, por meio de uma composição de funções. Por exemplo, seja $m:[0,1] \rightarrow [0,1]$ correspondente ao modificador muito. Se $b:U \rightarrow [0,1]$ corresponder ao conjunto fuzzy associado ao termo linguístico baixo, o conjunto fuzzy associado ao termo linguístico composto muito baixo será $m(b(u))$. Note que os modificadores não são funções definidas $U \rightarrow [0,1]$, mas sim $[0,1] \rightarrow [0,1]$ (GOMIDE, GUDWIN e TANSCHHEIT, 2015).

Os delimitadores são utilizados na lógica fuzzy com a função de evitar as ambiguidades das variáveis linguísticas. Por exemplo, $\{a \text{ E } b \text{ OU } c \text{ E } d\}$ pode ser ambíguo, ou seja, pode significar $\{(a \text{ E } B) \text{ OU } (c \text{ E } D)\}$ ou então $\{a \text{ E } (b \text{ OU } c) \text{ E } d\}$. Dessa forma, utiliza-se os delimitadores para determinar com precisão a ordem em que os operadores lógicos devem ser considerados, caso esta ordem possa ser determinada sem ambiguidade, os delimitadores podem ser omitidos (GOMIDE, GUDWIN e TANSCHHEIT, 2015).

2.3.3 - Sistema fuzzy

Segundo JUNIOR, CERVI e CARPINETTI (2014), o primeiro sistema de inferência fuzzy foi Mamdani, que já sofreu algumas modificações em relação a sua versão original. Neste modelo, tanto as variáveis de entrada, quanto as variáveis de saída estão relacionadas através de uma base de regras de inferência, que determinam hipóteses sobre o comportamento do modelo e os resultados das regras são variáveis linguísticas definidas a partir de julgamentos de especialistas. O sistema de inferência proposto

Mamdani é constituído por cinco elementos principais: interface de fuzzificação, base de regras, mecanismo de inferência, base de dados e interface de defuzzyficação.

GOMIDE e GUDWIN (1994) também reforçam a ideia das modelagens dos processos fuzzy a partir dos conhecimentos de especialistas, pois trata-se de uma abordagem diferente dos modelos convencionais, que se utilizam de modelos matemáticos para modelar controles de processos. Na Figura 2.25 os autores ilustram os cinco elementos principais que constituem o sistema de inferência Mamdani.

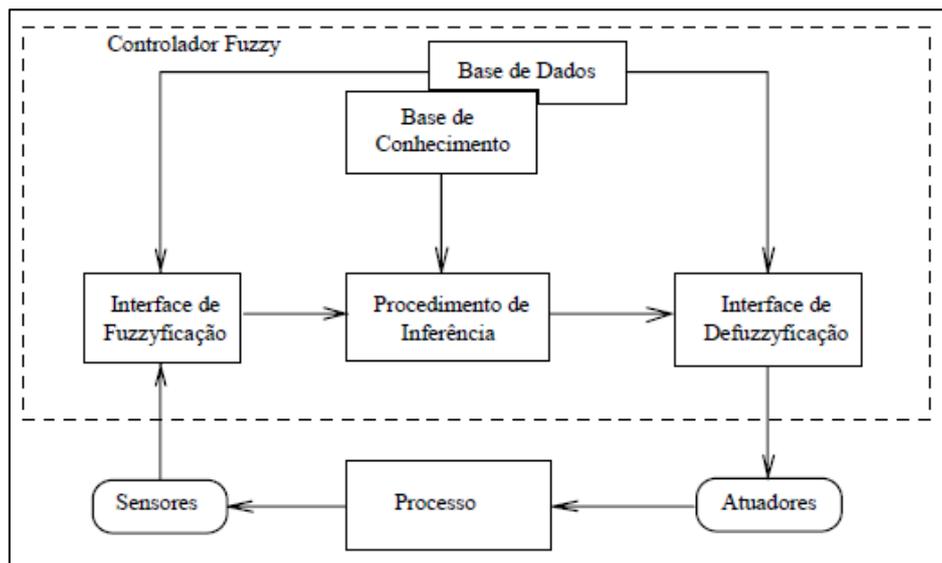


Figura 2.25 - Estrutura básica de um controlador fuzzy.
Fonte: GOMIDE e GUDWIN (1994).

SOUZA (2010), resume o sistema de inferência Mamdani como uma proposta para uma relação fuzzy binária entre um elemento em particular e um universo, para modelar matematicamente a base de regras e utiliza como base, a regra de composição de inferência, obtendo seu resultado através de uma defuzzyficação do subconjunto fuzzy de saída, para se obter um valor crisp que o represente.

MORENO *et al.* (2018), relatam que ao iniciar a análise do processo para a realização de modelagem de lógica fuzzy, realizam-se entrevistas com as pessoas especializadas no processo para se entender os detalhes de como o processo se comporta em termos linguísticos, identificando o sistema através da estrutura e dos parâmetros, baseado em modelos adquiridos através do conhecimento de processo, e os parâmetros incluem a formulação de regras de controle e funções de pertinência. A modelagem fuzzy tem por finalidade sempre obter modelos dinâmicos que possam ter suas características de entrada e saída o mais aproximado possível do sistema que está sendo modelado.

Geralmente um sistema fuzzy corresponde cada entrada fuzzy a uma saída fuzzy, esperando que para a cada entrada crisp haja uma correspondência com uma saída crisp, fazendo com que um sistema fuzzy de uma função qualquer seja construída de maneira específica (AMENDOLA, SOUZA e BARROS, 2005).

O sistema lógico fuzzy é constituído basicamente por cinco operações básicas, conforme segue.

2.3.3.1 - Fuzzificação

Segundo AGUADO e CANTANHEDE (2010), a fuzzificação é a primeira etapa do Sistema Lógico fuzzy, é a fase em que o problema é analisado e os dados de entrada são transformados em variáveis linguísticas. Por ser a primeira etapa do sistema, se faz necessário que todos os dados de imprecisão e incerteza sejam levados em conta e convertidos em variáveis linguísticas. Após a fuzzificação são determinadas as funções de pertinência.

Para CHERRI, JÚNIOR e SILVA (2011), a principal função da fuzzificação é converter os valores reais de entrada, de acordo com as variáveis linguísticas atribuídas, em seguida, transformar em um grau de pertinência para um conjunto fuzzy.

As variáveis de entrada, após serem consideradas pela interface de fuzzyficação, são organizadas em forma de escala para condicionar seus valores a um universo, que por sua vez, fuzzy fica os valores, convertendo-os em números dos conjuntos fuzzy, de modo que possam se tornar os resultados atribuídos às variáveis linguísticas (GOMIDE e GUDWIN, 1994).

2.3.3.2 - Base de regra

SOUZA (2010) considera a base de regras do sistema fuzzy como uma “parte” do núcleo do controlador, composta pelas proposições descritas nas variáveis linguísticas, em acordo com a informações de um especialista. Os autores reforçam que nesta etapa as variáveis linguísticas e suas classificações são catalogadas e modeladas em um padrão fuzzy ou até mesmo para funções de pertinência.

Segundo AMENDOLA *et al.* (2005), a base de regra é a base de conhecimento do sistema fuzzy que consolida as estratégias de controle com as metas definidas. Na base de dados são armazenadas todas as definições necessárias para as discretizações e as

normalizações dos universos de discurso, as partições fuzzy dos espaços de entrada e saída e as definições das funções de pertinência.

2.3.3.3 - Inferência

De acordo com CHERRI *et al.* (2011), o processo de inferência fuzzy aplica os princípios da lógica fuzzy, combinando as regras fuzzy existentes na base de regras, com os dados fuzzy de entrada, realizando a definição e checagem das regras definidas de forma paralela. O resultado final desta combinação gera uma região fuzzy de saída, que por sua vez, está relacionada com a saída do processo.

Para AMENDOLA *et al.* (2005), a etapa de inferência define se o sistema fuzzy será bem-sucedido, já que ele fornecerá a saída, ou controle fuzzy, que será adotado pelo controlador a partir de cada entrada fuzzy, definindo os conectivos lógicos que serão utilizados para estabelecer a relação fuzzy que modela a base de regras.

2.3.3.4 - Defuzzyficação

De acordo com CHERRI *et al.* (2011) a defuzzyficação é a última etapa do sistema fuzzy, convertendo um ou mais valores de uma ou mais variáveis de saída fuzzy para o formato crisp. Por apresentar um maior comprometimento com os resultados das soluções, o operador centro de área é amplamente usado na defuzzyficação, uma vez que considera regiões fuzzy com valores de pertinência baixos durante o cálculo do valor crisp de saída.

Após a inferência da ação de controle fuzzy, é necessária a determinação de uma ação de controle não fuzzy que melhor represente a decisão fuzzy, para ser efetivamente enviada ao controle. GOMIDE e GUDWIN, (1994) afirmam que a defuzzyficação não possui nenhum procedimento sistemático para a escolha da sua estratégia, entretanto, os procedimentos mais comuns incluem: o critério do máximo (MAX), que escolhe o ponto onde a função inferida tem seu máximo, o ponto médio dos máximos (MDM), que representa o valor médio dentre todos pontos de máximo quando existe mais de um máximo, e o método do centro de área (CDA), que retorna o centro de área da função inferida linguísticas.

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - MATERIAIS

Para o desenvolvimento do estudo de caso, os materiais utilizados foram os PMP do mês de junho de 2021, disponibilizado pela empresa com caráter único e exclusivo para o uso acadêmico e o software do Matlab® versão R2015a, utilizado para as simulações e apresentação dos resultados.

3.2 - METODOLOGIA

A presente pesquisa visa apoiar a gestão e o controle de estoque de P.A, sendo fundamental nas tomadas de decisão ao ser elaborado o plano de produção pelo departamento do PCP, diante da dificuldade de se controlar a quantidade de peças pela limitação dos espaços definidos, identificou-se a necessidade de apresentar um modelo de gestão do nível de estoque utilizando o método de inferência fuzzy, definindo critérios de níveis de estoque no qual possa se evidenciar os níveis críticos, normais e excesso para cada modelo de produto, pois a visualização desses níveis de forma antecipadas pode ocasionar uma relevante mudança em relação a forma de gestão atual, otimizando o uso dos espaços definidos, reduzindo a movimentação de peças com a eliminação de locações provisórias, em paletes nos corredores, o que traz grandes benefícios para qualidade dos produtos, sem contar na redução dos custos, tornando o processo mais eficiente para a empresa.

Esta pesquisa é considerada exploratória e classificada em sua natureza como qualitativa, sob dois aspectos, pesquisa bibliográfica com o propósito de identificar as abordagens de autores sobre os problemas evidenciados no processo de gestão de estoques da empresa objeto do estudo, seguido do estudo de caso através de dados reais, apresentando um modelo proposto para o suporte à gestão do estoque de P.A que garanta o atendimento das necessidades do cliente, na questão de satisfação e confiança, garantindo sempre peças para as entregas, e da empresa no sentido de redução de custos e melhora da qualidade dos produtos.

A Figura 3.1 apresenta um fluxograma sobre a sistemática utilizada para a definição do produto analisado, o desenvolvimento e utilização da ferramenta de análise utilizando a lógica fuzzy.

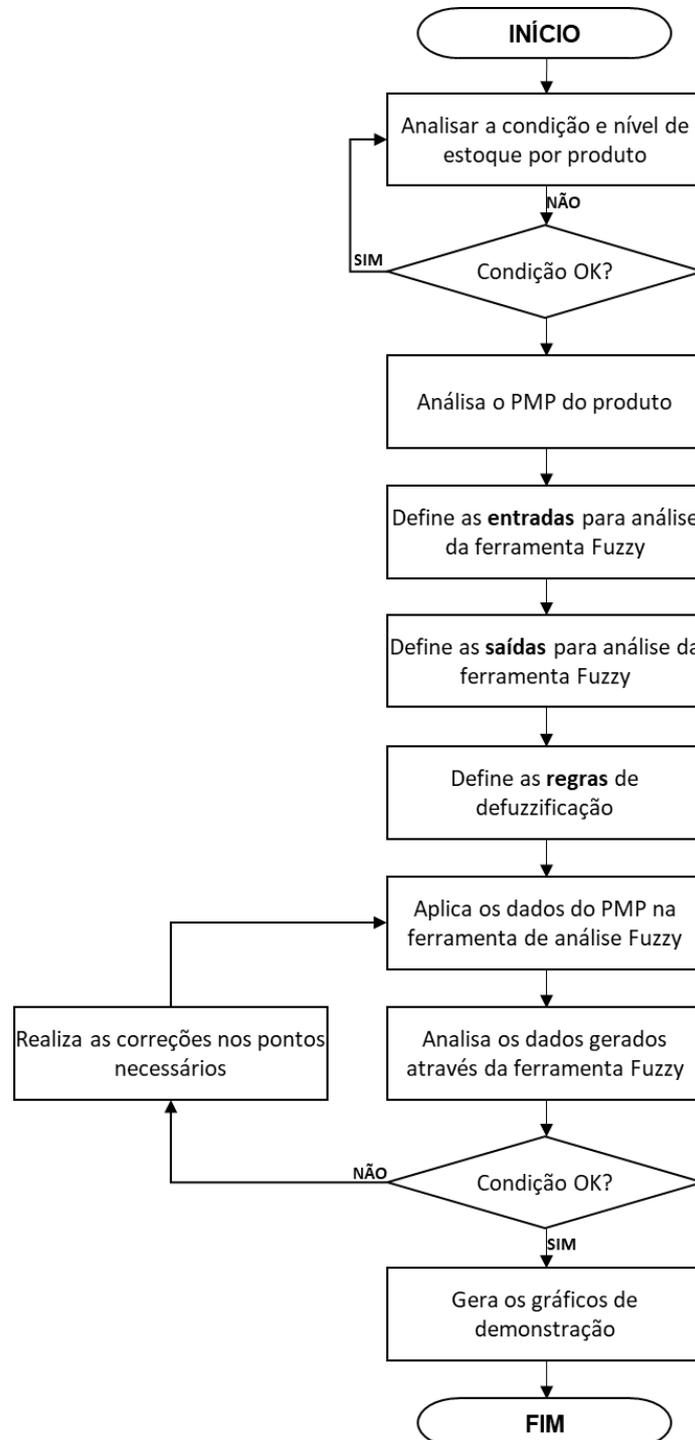


Figura 3.1 - Fluxograma de aplicação da ferramenta fuzzy.

Para atingir os objetivos da pesquisa, as análises delimitaram-se ao setor de estoque de P.A, observando os dois principais critérios que influenciam diretamente nos

níveis de estoques dos produtos, o pedido do cliente e o plano de produção, ambos em uma frequência diária.

Por meio de análises através dos PMP's anual, mensal e semanal gerados por meio de sistema ERP (*Enterprise Resource Planning*), documentos da empresa e através das referências bibliográficas pesquisadas, realizou-se a coleta de dados, com a finalidade de consolidar o fundamento teórico e prático sobre a gestão de estoques e sua importância nas tomadas de decisão por parte dos gestores do processo de planejamento, produção e expedição, evidenciando as principais dificuldades encontradas.

Na qualificação dos níveis do estoque o modelo proposto considerou cinco níveis de decisão: crítico, baixo, normal, alto e excesso. Estes níveis são compostos por aspectos quantitativos e qualitativos, para a garantia do atendimento das necessidades do cliente e da empresa, com a intenção de orientar o processo de planejamento de produção diário, através de técnicas que lidam com o cenário atual e sua dinâmica diária.

Para a implementação computacional, utilizou-se o ambiente Fuzzy Logic Toolbox do software Matlab® versão R2015a, com informações de demandas, política de estoque e planos de produção que contribuíram na interação entre os setores de PCP, produção e expedição, o uso dessa ferramenta teve o propósito único e exclusivo de fornecer uma ampla visão dos níveis de estoque diários, confrontando os dados de planejamento e demanda.

3.2.1 - A empresa

A grande dificuldade de muitas empresas na gestão dos estoques, é encontrar o equilíbrio entre, a segurança de não falhar com os clientes, deixando faltar material em seu estoque, e não comprometer a sua saúde financeira da empresa, estocando mais material do que necessário. SILVA e LEITE (2019), consideram a gestão dos estoques como um desafio, que busca encontrar a resposta de como investir e minimizar o investimento em estoques, sem comprometer os fornecimentos e conseqüentemente a confiança dos clientes. Para essa gestão, muitas empresas adotam como ferramenta de controle, a definição das quantidades de peças a serem mantidas em estoque, o Estoque de Segurança também conhecido como Estoque Mínimo.

O estudo objeto deste trabalho se desenvolve nas dependências de uma empresa multinacional, que atua no PIM desde de 1998, cujo processo é totalmente voltado para fabricação de peças destinadas ao setor automotivo de 2 rodas e 4 rodas, contemplando

em sua estrutura fabril, processos de montagens de peças eletrônicas, peças mecânicas e injeção plástica. No decorrer da sua trajetória de mais de 20 anos atuando no PIM a empresa fornece seus produtos para clientes locais, dentro do PIM, nacionais e internacionais, utilizando o suporte de outras filiais no âmbito logístico. Seu sistema de entregas é diário, distribuído conforme a Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Sistema de entregas por clientes.

Cliente	Região de Entrega	Sistema	Frequência
1	Manaus	Diário	0,5 horas
2	Manaus	Diário	0,5 horas
3	São Paulo	Diário	3 dias
4	Curitiba	Diário	5 dias
5	São Paulo/ Mendoza (ARG)	Diário	3 dias/ 5 dias

A empresa objeto do estudo adota o modelo de fabricação que utiliza o sistema de produção empurrada como estratégia de manufatura, seguindo um PMP definido pelos clientes, utilizando bases mensais e anuais. Conforme ZORZO (2015), o PMP é responsável pelos dados necessários para que a produção seja possível e as decisões relacionadas às necessidades de produtos sejam planejadas com visando atender no curto e médio prazo as necessidades do cliente. O PMP gera as demandas do mercado permitindo aos gestores planejar os recursos de manufatura da empresa mantendo, programar as taxas corretas e garantir a produtividade. A Figura 3.2 ilustra o fluxo de informações e peças para um processo que utiliza de PMP e do sistema de puxada como estratégia de produção.

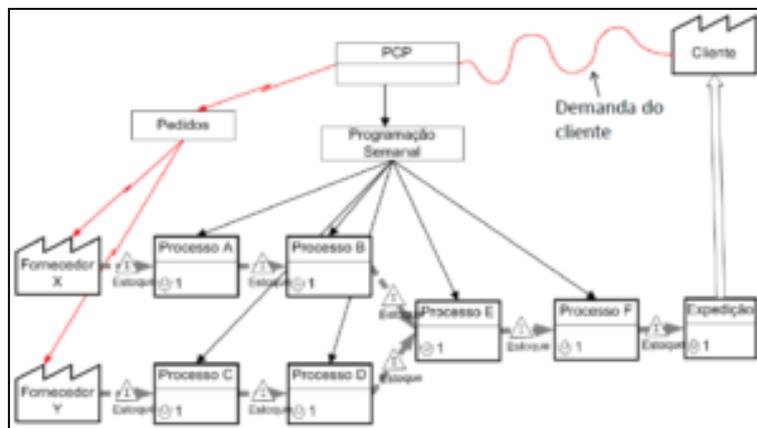


Figura 3.2 - Sistema de produção empurrada.

Esses planos periódicos, na empresa objeto de estudo, servem de referência para as compras de matérias prima (M.P), investimentos em maquinários, contratação de Mão de Obra (M.O), planejamento de Horas Extras (H.E) e estudos de espaços e layouts para armazenamento de peças antes, durante e após o processo de montagem. Dessa forma a empresa mantém estoques por toda a cadeia, inclusive na área de expedição, onde pratica a política de estoque de segurança que varia entre 2, 5 e 5,0 dias, dimensionado para absorver incertezas na cadeia de abastecimento dentro de um limite calculado.

3.2.2 - Política de estoque de P.A

A política de estoque de segurança para P.A adotada pela empresa, tem como finalidades, além de não deixar faltar peças para os clientes, manter os custos com estoque controlados, utilizar os espaços de armazenagem de forma eficiente e garantir a renovação do estoque de peças conforme às atualizações do cliente. Atualmente, esta política possui definição específica de acordo com o cliente, decorrente do tempo necessário para o transporte e entregas dos produtos, conforme descritos na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Tempo de transporte para entrega no cliente.

Cliente	Região de Entrega	Sistema	Tempo de transporte
1	Manaus	Diário	0,5 horas
2	Manaus	Diário	0,5 horas
3	São Paulo	Diário	3 dias
4	Curitiba	Diário	5 dias
5	São Paulo/ Mendoza (ARG)	Diário	3 dias/ 5 dias

Conforme evidenciado na Tabela 3.2, existem tempos distintos entre as entregas para os clientes locais e as entregas para os clientes situados fora do PIM, fazendo com que a política de estoque para P.A seja definida da seguinte forma:

Clientes Locais – 2,5 dias

Clientes Nacionais/ Internacionais – 5,0 dias

A Figura 3.3 ilustra o fluxo de entrega para os clientes situados no PIM.



Figura 3.3 - Fluxo de entrega para clientes locais.

A Figura 3.4 ilustra o fluxo de entrega para os clientes situados fora do PIM.

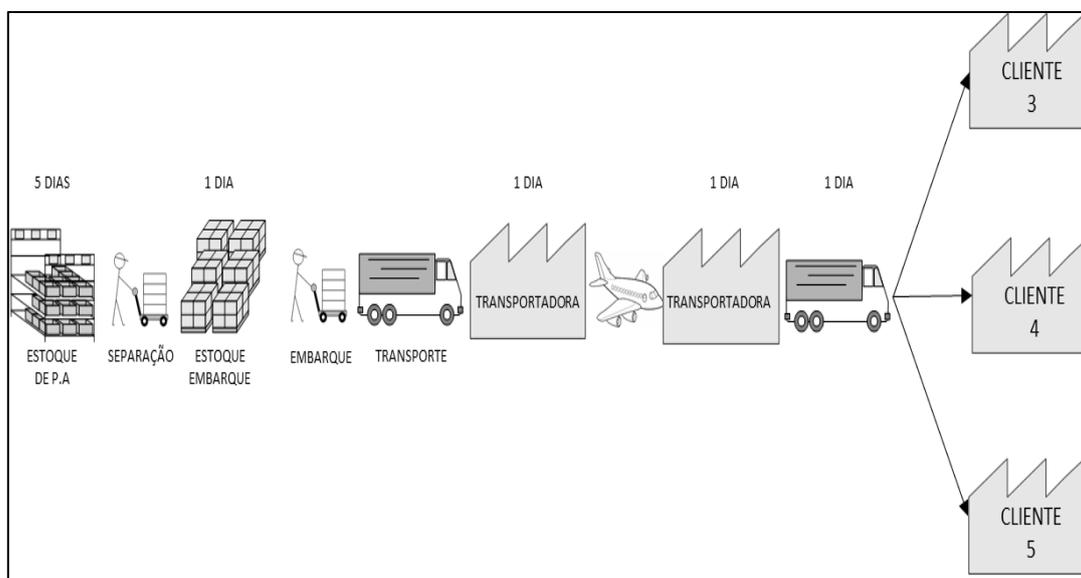


Figura 3.4 - Fluxo de entrega para clientes fora do PIM.

A Figura 3.4 deixa claro que além dos 5 dias de estoques nas dependências da empresa, ainda existem mais 4 dias e de estoque em trânsito, o que eleva o estoque de P.A para 9 dias no total.

Com intuito de limitar a abrangência das análises desta pesquisa, será demonstrado apenas a política de estoque de uma classe de produto fabricado pela empresa estudada. Esta classe de produto possui 11 modelos correntes conforme apresentados na Tabela 3.3 e na Figura 3.5, produzidos e distribuídos para os clientes locais, obedecendo os critérios apresentados na Tabela 3.2 e o fluxo representado pela Figura 3.3.

Tabela 3.3 - Demanda de produção 06/2021.

ITEM	Demanda Mensal	Demanda Diária
98200	18200	910
02100	8800	440
98100	6000	300
98000	3000	150
04200	3000	150
04100	2300	115
53900	720	36
62500	400	20
59900	300	15
93430	270	14
85600	200	10
54002	97	5

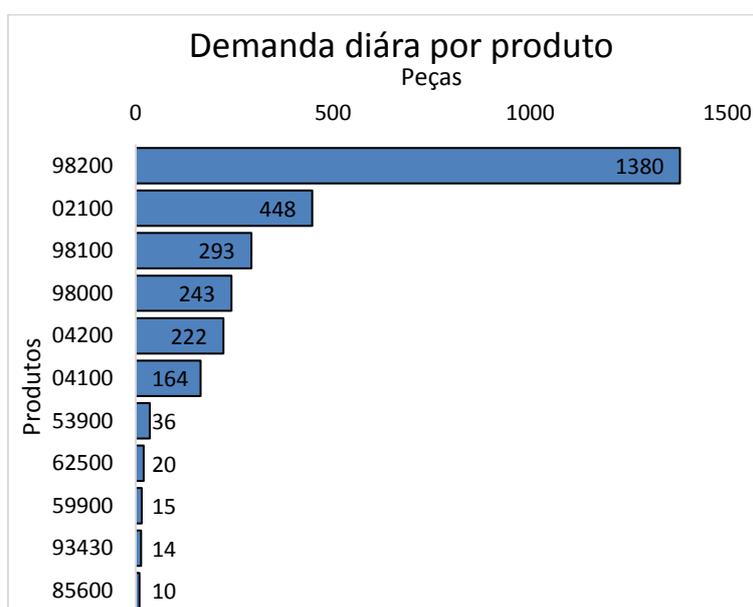


Figura 3.5 - Demanda diária por modelo.

De acordo com a política de estoque, os modelos da classe de produto apresentado seguem a regra da política de estoque de 2,5 dias de *Emáx* e 20% desta quantidade representa o *Emín* ou Estoque de segurança. A Figura 3.6 demonstra por modelo, a quantidade de peças necessárias para cumprir a política de estoque, tanto a quantidade MÁX, quanto a quantidade MÍN.

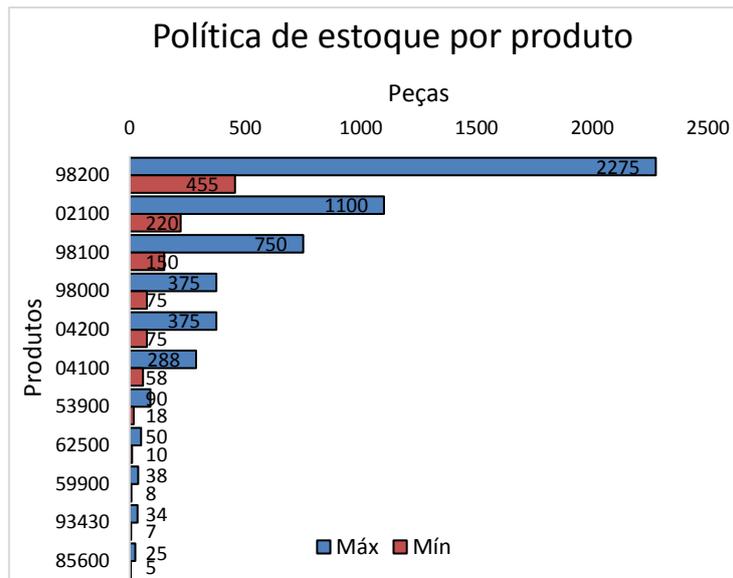


Figura 3.6 - Política de estoque por modelo.

Após a definição da quantidade de peças a serem estocadas, é realizada a atualização das locações físicas, adequando os espaços para atendimento da demanda do período de acordo com as quantidades estabelecidas pela política de estoque. A Tabela 3.4 e a Figura 3.7 apresentam e ilustram a distribuição dos modelos conforme os espaços definidos por modelo, através da política de estoque aplicada pela gestão da empresa.

Tabela 3.4 - Locações por modelo (Política de 2,5 dias).

ITEM	Demanda Mensal	Demanda Diária	Política de Estoque Pçs			Locações	
			Máximo	Médio	Mínimo	Máximo	Mínimo
98200	28986	1380	3451	2070	690	23	5
02100	5821	448	1119	672	224	7	1
98100	4400	293	733	440	147	5	1
98000	4860	243	608	365	122	4	1
04200	4000	222	556	333	111	4	1
04100	1150	164	411	246	82	3	1
53900	720	36	90	54	18	1	0
62500	400	20	50	30	10	0	0
59900	300	15	38	23	8	0	0
93430	270	14	34	20	7	0	0
85600	200	10	25	15	5	0	0
54002	97	5	12		2	0	0

ENTRADA DE PEÇAS																					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
98200	98200	98200	98200	98200	98200	98200	98200	98200	98200	98200	98200	98200	98200	98200	98200	04200	04200	04200	62500	59900	
98200	98200	98200	98200	98200	98200	98200	98200	98200	98200	98200	98200	98200	98200	98200		04200	04200	04200			
98200	98200	98200	98200	98200	98200	98200	98200	98200	98200	98200	98200	98200	98200	98200		04200	04200				
																					
SAÍDA DE PEÇAS																					
02100	02100	02100	02100	02100	02100	02100	02100	02100	98100	98100	98100	98100	98100	98000	98000	98000	04100	04100	53900	93430	85600
02100	02100	02100	02100	02100	02100	02100	02100	02100	98100	98100	98100	98100	98100	98000	98000	98000	04100	04100	53900		
02100	02100	02100	02100	02100	02100	02100	02100	02100	98100	98100	98100	98100	98100	98000	98000		04100	04100			
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	
ENTRADA DE PEÇAS																					

Figura 3.7 - Distribuição das locações físicas no estoque de P.A.

É possível notar na Figura 3.7 que a política ocupa 42 locações no estoque, entretanto, para esse cenário são necessários 46 locações e o produto em análise só possui 30 locações disponíveis para seus modelos, fazendo com que ocupe o espaço de outros produtos e o restante de seu excedente seja alocado em corredores.

3.2.3 - Análise do processo

Todo processo de planejamento e gestão dos estoques da empresa se inicia a partir dos dados fornecidos pelos clientes, através dos PMP's periódicos, os quais são atualizados semanalmente, todas as terças-feiras, refletindo e impactando as alterações de demanda e necessidade dos clientes diretamente em todos os setores, desde a compra de insumos, até ao plano de separação e entrega para os clientes. Como já citado em outras partes, esta pesquisa se limitará apenas aos estoques de P.A.

Mesmo havendo a divulgação dos PMP's anuais, trimestrais e mensais, ocorre ainda a revisão desses periódicos de forma semanal, visando pequenos ajustes decorrentes de alguma necessidade repentina, seja por necessidade interna do cliente, ou por necessidade externa do mercado como greves, crises, eventos naturais, etc. Esses ajustes são realizados pelo departamento do PCP, que imputa os dados e analisa através de um sistema MRP (*Material Requirement Planning*) e reprograma todo planejamento de produção, afetando diretamente o estoque de M.P, as linhas de montagens, o estoque de P.A e a expedição da fábrica. A Figura 3.6 ilustra, de forma genérica, os fluxos de informações e peças da empresa, onde é possível notar como as informações são

distribuídas internamente entre as áreas através do departamento do PCP, após receber os dados dos clientes. A Figura 3.8 também mostra através do fluxo de peças, como uma área “empurra” as peças através do fluxo, para o setor seguinte conforme recebem as informações do PCP.

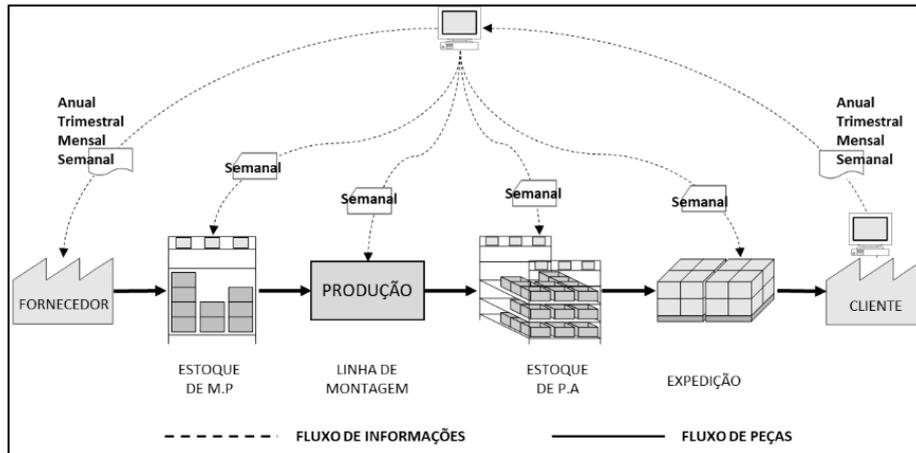


Figura 3.8 - Fluxos de informações e peças.

Ao receber as atualizações do PCP, o estoque de M.P analisa seus níveis de estoque, caso algum item possua nível crítico, é realizado um pedido adicional ao fornecedor, solicitando urgência de atendimento para que não ocorra a parada de linha no processo produtivo. Quando todos os níveis estão dentro dos limites aceitáveis uma reprogramação dos itens necessários para a produção é realizada e novas separações e devoluções dos itens do estoque de MP. A produção ao receber as atualizações do PCP, analisa os itens em processamento, replanejando as novas sequências de montagens, visando atender as necessidades dos clientes. Vale ressaltar que neste processo de comunicação há uma determinação interna, que a comunicação entre o PCP e a produção não pode ser inferior a 3 dias de planejamento, ou seja, qualquer mudança no plano de produção deve ser realizada sempre 3 dias a frente, conforme é mostrado pela Tabela 3.5.

Tabela 3.5 - Revisão da demanda X Revisão do plano de produção.

SEMANA						
S	T	Q	Q	S	S	D
N-1	N	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5
	Revisão/ alteração da demanda			Momento em que a revisão pode refletir na produção		

Quanto ao impacto das atualizações do PCP no estoque de P.A, é gerada a necessidade de revisão dos espaços dedicados a cada produto e das quantidades de peças estocadas em função da política de estoque, identificando quais produtos após a revisão de demanda, estão dentro nos níveis normais, críticos e em excesso no estoque. Essa atualização gera um indicador para a empresa, alertando principalmente sobre os itens críticos em estoque, que podem gerar a falta de peças para as entregas dos clientes e conseqüentemente a interrupção do seu fluxo.

Para a área de expedição da empresa, a atualização da demanda do cliente pelo PCP gera pouco impacto, uma vez que a quantidade máxima de peças separadas para entrega não ultrapassa um dia de produção. Basicamente, são realizadas as atualizações dos planos de separação, a divulgação e o acompanhamento pelos responsáveis.

3.2.4 - Descrição do problema

Ao utilizar-se do sistema de produção empurrada, as linhas de produção executam suas atividades baseadas no que foi programado a partir de previsões de vendas, realizadas pelo PCP através de um sistema MRP. E isso ocorre porque os clientes enviam suas demandas de forma desniveladas ao PCP, que por sua vez, realiza a revisão da programação semanalmente, divulgando de forma quase que simultânea as novas ordens de produção, separação e entregas para os clientes.

Entretanto, essa alta frequência nos ajustes de demanda, somado ao desnivelamento praticado pelos clientes, geram alguns percalços na cadeia produtiva, fazendo com que em diversos pontos existam peças estagnadas por não possuírem demanda dos clientes, ao mesmo tempo em que os níveis de estoques ficam críticos, por não terem as peças necessárias solicitadas pelos clientes para o período no processo de montagem. Esse problema é conhecido como efeito chicote, que é causado devido a divergência de informações entre os processos.

Segundo BRANDÃO e FILHO (2020), o efeito chicote é a amplificação da demanda causada pela distorção das informações entre os elos da cadeia produtiva, geralmente ocorre nos últimos processos, se expandindo para os processos anteriores. Este fenômeno é muito comum na gestão da cadeia de suprimentos, tanto de produtos quanto de serviços, e causa diversos efeitos negativos para as estratégias de operações como aumento de estoques em toda cadeia, uso desnecessário de recursos financeiros na

compra de materiais, movimentação e transportes desnecessários, etc. A Figura 3.9 ilustra como o efeito chicote se comporta pela cadeia produtiva.

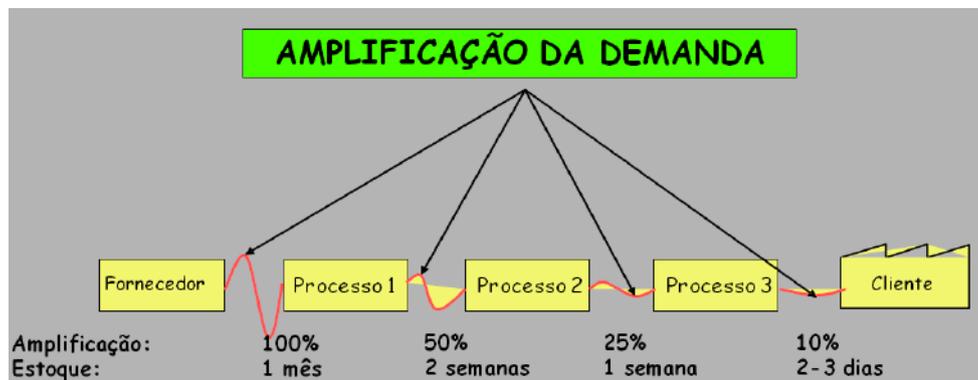


Figura 3.9 - Efeito chicote na produtiva.

Por causa do efeito chicote gerado pelas falhas de comunicação entre os setores e processos, definiu-se internamente, que as alterações na demanda não poderiam ser diretamente refletidas nos planos de produção já iniciados pelas linhas de montagem, fazendo com que essa alteração só aconteça após três dias do dia da alteração, conforme ilustrado pela Tabela 3.6.

Essa definição tem como principal propósito a redução dos níveis de estoque WIP, bem como a utilização dos espaços, caixas e racks de forma racional, além de melhorar o controle destes estoques WIP no decorrer da cadeia. Uma vez cumprida a determinação dos 3 dias, o departamento de produção teria tempo suficiente para finalizar os lotes já iniciados na montagem, retirando da sua área grande parte quantidade das peças que deixaram de ser prioridade para os clientes, abrindo espaços para as novas peças necessárias.

Entretanto, uma vez retiradas da área da produção, as peças ficarão estagnadas no estoque de P.A, que por estar alinhado com a política de estoque geralmente não possui locações, nem espaços suficientes para comportar todas essas peças sem demanda imediata, tendo que utilizar os espaços destinados a outros produtos, improvisar locações em paletes e aloca-los nos corredores do estoque. Essa prática fez com que o feito chicote deixasse de ser percebido de forma tão evidente no setor de produção e passasse a ser presente e evidente na área do estoque de P.A, conforme ilustra a Figura 3.10 e mostra a real situação da empresa na Figura 3.11.

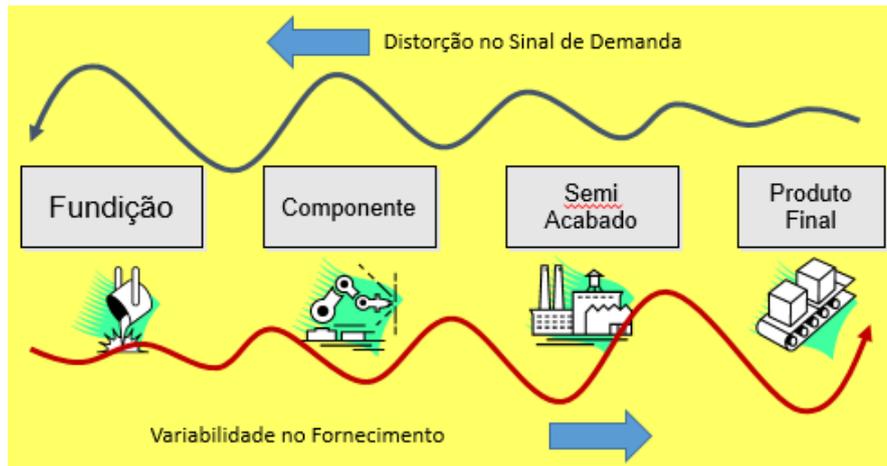


Figura 3.10 - Efeito chicote na área de P.A.



Figura 3.11 - Peças estocadas fora das locações.

A Figura 3.11 mostra peças em locações improvisadas por falta de espaços suficientes conforme definidos pela política de estoque. O efeito chicote passou a ser mais evidente no estoque do P.A onde se estagnam todas as peças já processadas pela produção que tiveram suas demandas postergadas ou cortadas, ao mesmo tempo em que aparecem inúmeros espaços nas estantes, devido à falta dos produtos que tiveram suas demandas geradas ou acrescentadas pelos clientes, conforme mostrado pela Figura 3.12.



Figura 3.12 - Estantes vazias por falta de peças.

Este cenário faz com que os gestores concluam que trabalhando desta forma a empresa acaba processando os produtos que os clientes não necessitam no momento, deixando crítico os níveis de estoques, gerando o risco de falhar com os clientes, para os produtos necessários de imediato. Tal situação faz com que a empresa passe a adotar sistemas de trabalho utilizando horas extras para elevar os níveis de estoques, pedidos de M.P em caráter de urgência com os fornecedores, contratação de mais pessoas para manusear e controlar as peças em estoque, aumentando seu custo de fabricação, além da perda de área útil ocupada com peças em estoque.

3.2.5 - Implementação da análise utilizando lógica fuzzy

Após as análises dos PMP's e da demanda mensal dos clientes, elaborou-se um modelo utilizando o sistema fuzzy, considerando duas variáveis de entradas, que podem gerar cinco critérios de saída, visando garantir o atendimento das necessidades dos clientes e da empresa, principalmente no que se refere às decisões tomadas para a gestão do estoque de P.A, sendo estes critérios, utilizados como variáveis e termos linguísticos para suporte à gestão dos níveis de estoque por produto e modelo. Nesse caso, o sistema recebeu um range específico, por modelo, com base na política de estoque e variação do pedido do cliente para determinar o valor de cada um dos critérios, considerados como variável de entrada. Na Figura 3.13 é possível visualizar a interface do sistema de inferência fuzzy implementados para a definição do nível de estoque de P.A.

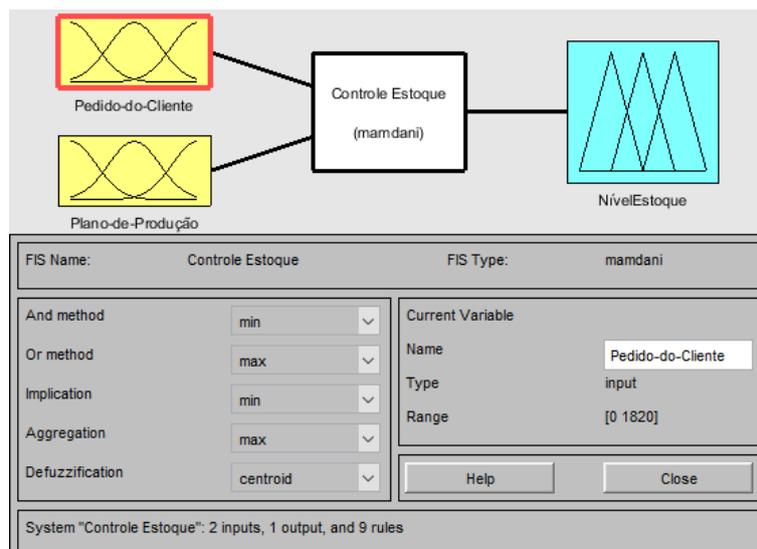


Figura 3.13 - Sistema de inferência fuzzy para a gestão do estoque.
 Fonte: Tela Matlab 2015 (2021).

Na Figura 3.11 são apresentados os métodos definidos nos sistemas de inferência utilizando o modelo Mamdani, por ser mais adequado para avaliação dos níveis de estoque pela sua subjetividade, na base de regras usou-se o método “E” (AND), para o operador de implicação foi definido o “mínimo”, e para o operador de agregação foi definido o “máximo”, quanto a defuzzyficação, usou-se o operador centro de gravidade (centroid).

As variáveis de entrada “Pedido do cliente” e “Plano de produção” foram classificadas com três variações específicas cada, podendo apresentar condições de “Baixo”, “Normal” e “Alto”, representadas em escalas específicas por modelo, tendo como base o PMP mensal do cliente, conforme verificado na Tabela 3.6.

Tabela 3.6 - Variáveis de entrada.

Variáveis Linguísticas de Entrada	Termos Linguísticos
Pedido do cliente	Baixa
	Normal
	Alta
Plano de produção	Baixo
	Normal
	Alto

Para as variáveis linguísticas de saída, cada nível do estoque pode pertencer às classes linguística “Crítico”, “Baixo”, “Normal”, “Alto” ou “Excesso”. Conforme apresentado na Tabela 3.7.

Tabela 3.7 - Variáveis de saídas.

Variáveis Linguísticas de Saída	Termos Linguísticos
Nível do Estoque	Crítico
	Baixo
	Normal
	Alto
	Excesso

Os valores das variáveis linguísticas foram definidos para cada entrada e cada saída, com base na política de estoque da empresa, de acordo com cada modelo produzido e a variação nos pedidos dos clientes, utilizando o formato de apresentação triangular (trimf). Conforme apresentado pelas Figuras 3.14, 3.15 e 3.16.

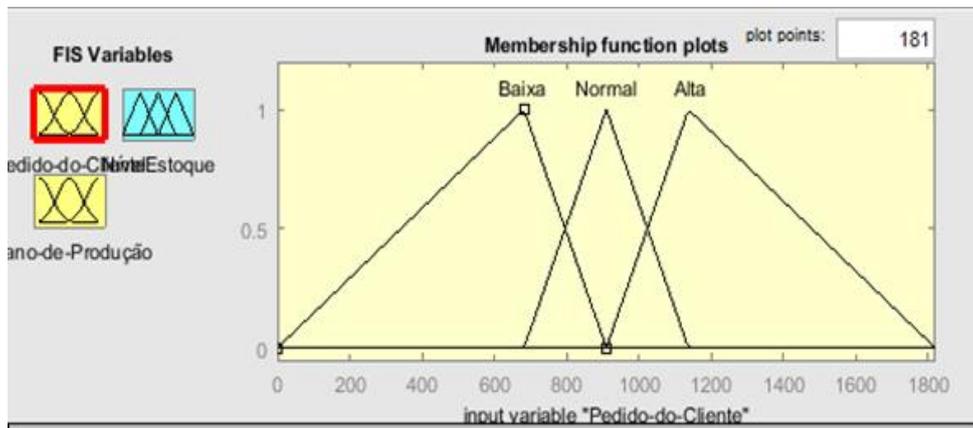


Figura 3.14 - Variável de entrada 1 “Pedido do cliente”.
 Fonte: Tela Matlab 2015 (2021).

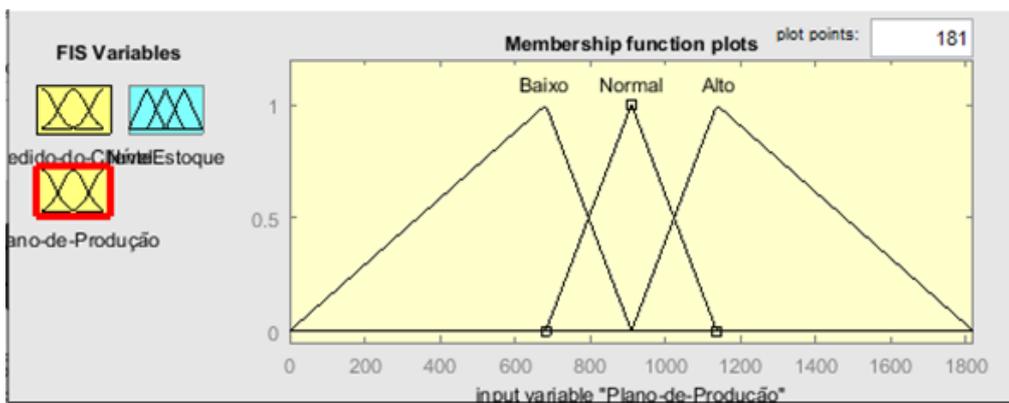


Figura 3.15 - Variável de entrada 2 “Plano de produção”.
 Fonte: Tela Matlab 2015 (2021).

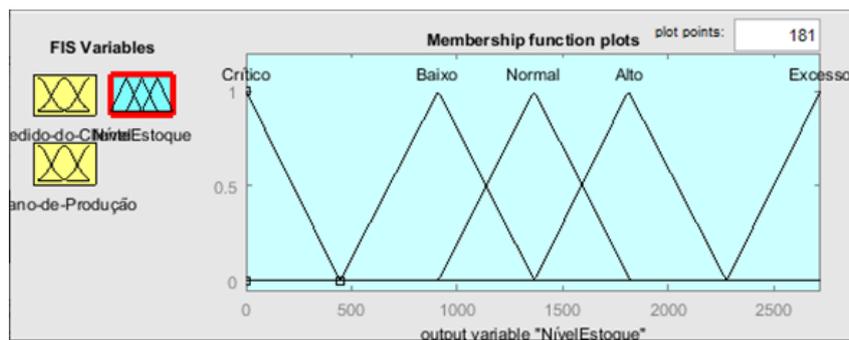


Figura 3.16 - Variável de saída "Nível do estoque".
 Fonte: Tela Matlab 2015 (2021).

Quanto às regras de inferência, foram definidas 9 regras específicas, de acordo com as situações de cruzamentos das entradas. A Figura 3.17 apresenta os critérios das 9 regras, que podem ser melhor compreendidas analisando a Tabela 3.8.

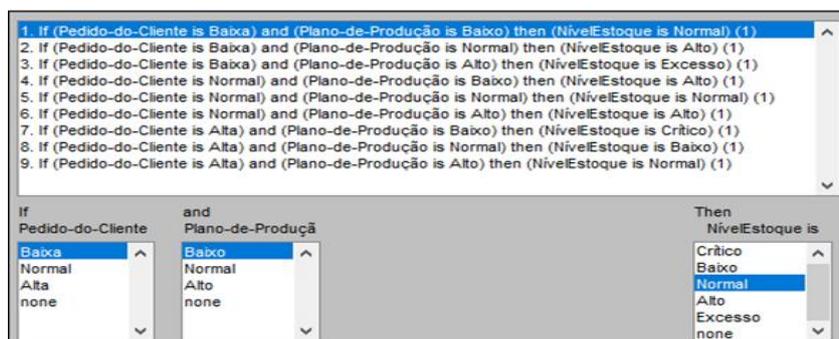


Figura 3.17 - Critérios de regras para defuzzyficação.
 Fonte: Tela Matlab 2015 (2021).

Tabela 3.8 - Regras de inferência.

Regras de Inferência Fuzzy								
Nº	Entrada 1				Entrada 2			Saída
1	Se	Pedido	Baixo	e	Plano	Baixo	Então	Estoque
2	Se	Pedido	Baixo	e	Plano	Normal	Então	Estoque
3	Se	Pedido	Baixo	e	Plano	Alto	Então	Estoque
4	Se	Pedido	Normal	e	Plano	Baixo	Então	Estoque
5	Se	Pedido	Normal	e	Plano	Normal	Então	Estoque
6	Se	Pedido	Normal	e	Plano	Alto	Então	Estoque
7	Se	Pedido	Alto	e	Plano	Baixo	Então	Estoque
8	Se	Pedido	Alto	e	Plano	Normal	Então	Estoque
9	Se	Pedido	Alto	e	Plano	Alto	Então	Estoque

As representações gráficas realizadas utilizando o próprio recurso de plotagem do sistema fuzzy nos permite visualizar as condições que as regras definidas podem submeter os níveis de estoque, conforme mostrado na Figura 3.18.

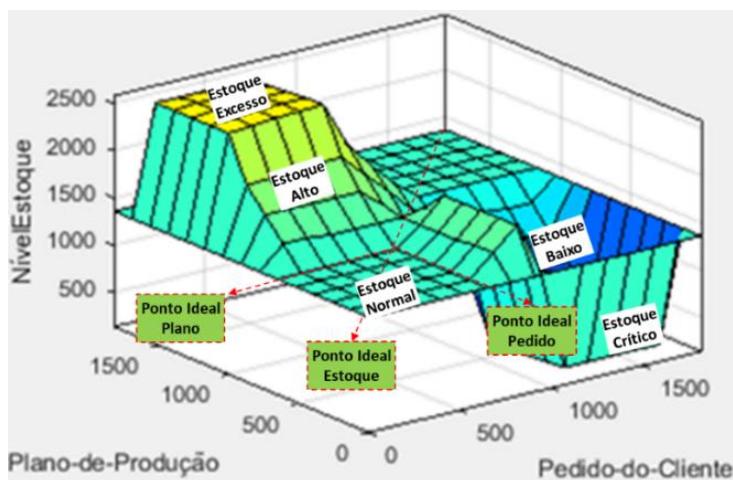


Figura 3.18 - Janela de superfície (Plotagem do sistema fuzzy)
 Fonte: Tela Matlab 2015 (2021).

Para esta pesquisa considerou-se apenas os modelos de um produto, afim de validar a técnica utilizada e posteriormente realizar a abrangência para todos os produtos da empresa. Dos modelos do produto estudado, serão realizadas as análises nos itens “98200”, “02100”, “98100”, “98000”, “04200” e “04100”, que correspondem a 95% da demanda deste produto, conforme demonstra a Tabela 3.9.

Tabela 3.9 - Itens analisados.

ITEM	Demanda Mensal	Demanda Diária	Percentual de Demanda
98200	18200	910	42%
02100	8800	440	20%
98100	6000	300	14%
98000	3000	150	7%
04200	3000	150	7%
04100	2300	115	5%
Total	41300	2065	95%

Nas funções de pertinência do sistema de inferência fuzzy das variáveis de entrada “Pedido do Cliente” e “Plano de Produção”, considerou-se os critérios de variação nos

pedidos conforme definido em contrato entre cliente e fornecedor. A variação definida entre as partes é de $\pm 25\%$ conforme demonstrado na Figura 3.19.

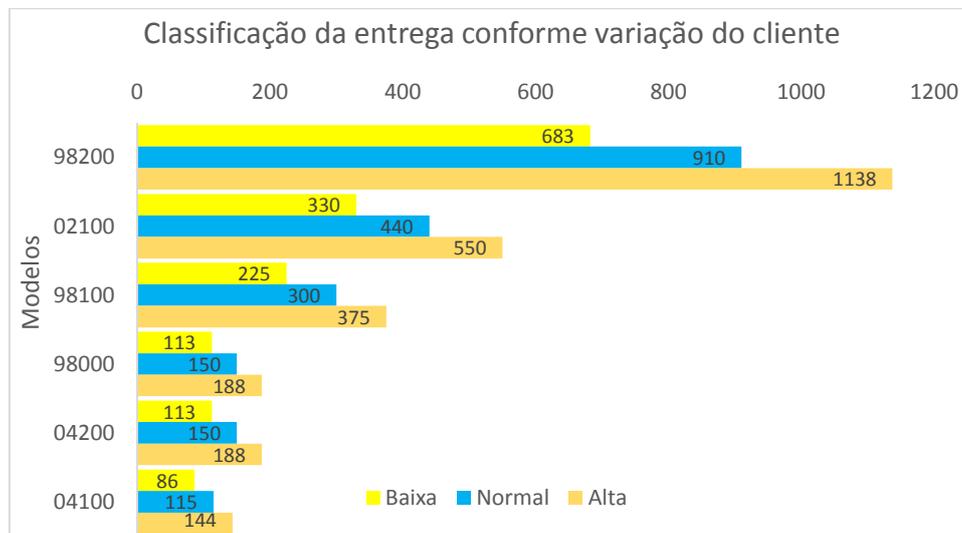


Figura 3.19 - Classificação da entrega conforme variação dos clientes.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - MÉTODO DE APLICAÇÃO

Este estudo tem como propósito desenvolver uma ferramenta de análise que auxilie na gestão de estoques de P.A em uma empresa do setor automotivo situada no PIM, objetivando mais agilidade no processo de análises e decisões mais assertivas por parte dos gestores. Após o desenvolvimento do sistema, apresentado no capítulo anterior, foram realizadas as aplicações utilizando os dados referentes às demandas e PMP do mês de junho de 2021.

Os resultados apresentados mostraram-se satisfatórios para os especialistas da área, principalmente por possibilitar uma projeção segura dos níveis de estoque sem colocar em risco a necessidade do cliente, além de minimizar os impactos de área e financeiros para a empresa, permitindo ao PCP um melhor planejamento do plano de produção.

A ferramenta de análise foi desenvolvida através do software Matlab® versão R2015a, utilizando a ferramenta Fuzzy Logic Toolbox, levando em consideração duas entradas: o pedido do cliente e o plano de produção, para cinco possíveis saídas, relacionadas ao nível de estoque: Crítico, Baixo, Normal, Alto e Excesso. Como modelo de inferência, foi utilizado o Mamdani, para cálculo dos valores numéricos entre as variáveis e entrada e as variáveis de saída, e para a defuzzificação, utilizou-se o método do centro de gravidade (centroid), permitindo uma superfície de controle suave e contínua ao calcular o valor crisp de acordo com a sua pertinência.

4.2 - CENÁRIO DE APLICAÇÃO DO MÉTODO

A gestão do estoque de P.A da empresa estudada é uma atividade de difícil desenvolvimento, uma vez que se trata de uma atividade dinâmica, onde o nível de estoque muda a cada minuto, seja pela saída de peças, que foram enviadas aos clientes, seja pela entrada de peças finalizadas pelas linhas de produção. Essa mudança constante faz que algumas decisões sejam tomadas de forma equivocadas, baseadas em um pequeno “recorte” feito em algum momento de análise diária.

A Figura 4.1 apresenta o cenário dos pedidos totais dos clientes e do planejamento da produção do mês de junho de 2021, antes dos ajustes semanais, que são realizados com frequência, para corrigir os erros ocorridos por decisões embasadas em análises rasas e conservadoras.

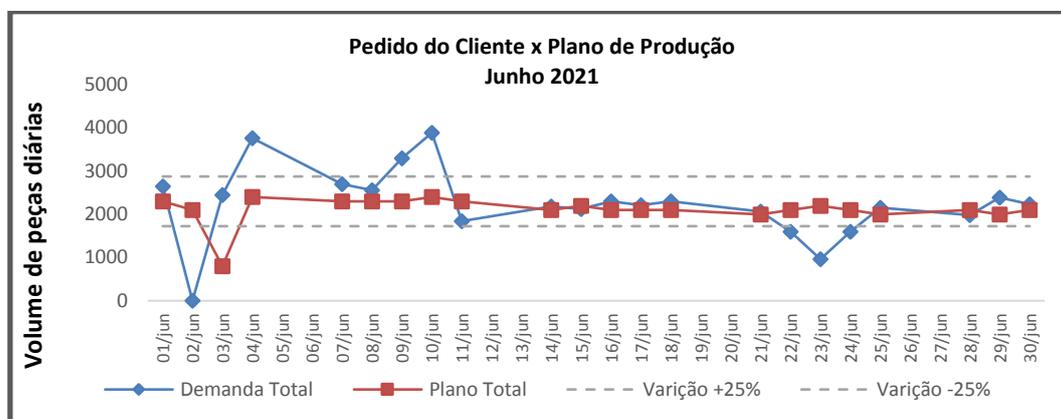


Figura 4.1 - Plano de produção e demanda total 06/2021.

A Figura 4.1 demonstra que os pedidos sofrem muitas variações, das quais 32%, ultrapassam a variação máxima (de $\pm 25\%$) estabelecida em contrato entre cliente e empresa. Estas variações influenciam diretamente no plano de produção, que em algumas vezes também varia acima do definido, visando não comprometer os níveis do estoque, temendo a falta de peças para o cliente.

A Figura 4.2 ilustra o nível de estoque geral, considerando a política de gestão adotada pela empresa. Os gráficos detalhados de todos os modelos estudados e seus níveis de estoque, estão disponibilizados em anexos ao fim do corpo da pesquisa.

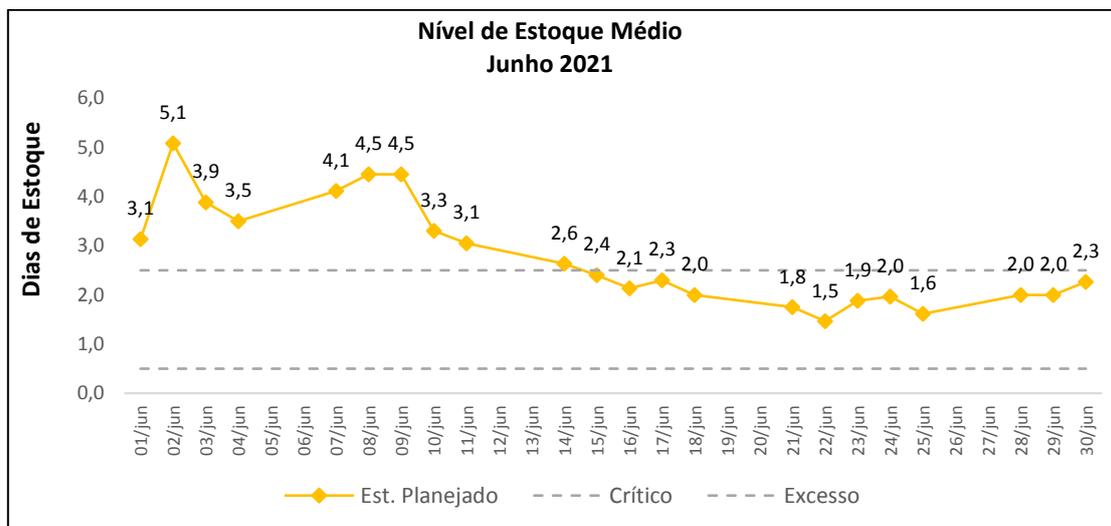


Figura 4.2 - Nível de estoque diário.

A Figura 4.2 apresenta os níveis definidos pela política de estoque da empresa, onde a linha pontilhada superior representa a estocagem total de peças, equivalente a 2,5 dias de produção, e a linha inferior representa 20% desta quantidade. Vale ressaltar que a Figura 4.2 representa o nível do estoque conforme a demanda e o plano de produção representado na Figura 4.1, sendo possível observar que nestas condições, aproximadamente 45% dos dias não conseguem cumprir a política definida.

Seguindo o critério de análise e interpretação já utilizado nas figuras anteriores, as Tabelas 4.1, 4.2 e 4.3 apresentam um resumo, demonstrando a situação de cada um dos modelos estudados.

Tabela 4.1 - Ocorrências de variação de demanda por modelo.

Modelo	Ocorrências jun/21			Total
	Varição da Demanda			
	Alta	Baixa	Normal	
98200	9%	18%	73%	100%
02100	24%	47%	29%	100%
98100	32%	11%	58%	100%
98000	33%	48%	19%	100%
04200	32%	50%	18%	100%
04100	0%	38%	63%	100%

A Tabela 4.1 apresenta todas as variações dos pedidos, considerando um pedido alto ou baixo, aqueles que se apresentam variação de $\pm 25\%$ em relação a média diária de cada modelo. Para o mês de junho de 2021, com 22 dias de trabalho, em média 56% dos pedidos apresentaram variação de $\pm 25\%$.

Tabela 4.2 - Ocorrências de variação do plano de produção por modelo.

Modelo	Ocorrências jun/21			Total
	Variação do Plano			
	Baixa	Normal	Alta	
98200	0%	64%	36%	100%
02100	24%	47%	29%	100%
98100	0%	11%	89%	100%
98000	0%	33%	67%	100%
04200	9%	73%	18%	100%
04100	25%	38%	38%	100%

A Tabela 4.2 apresenta todas as variações do plano de produção, também considerando como plano alto ou baixo, os dias que apresentam variação de $\pm 25\%$ em relação a média diária de cada modelo. Para o mês de junho de 2021, com 22 dias de trabalho, em média 54% dos dias de produção apresentaram variação de $\pm 25\%$.

Tabela 4.3 - Ocorrências nível de estoque por modelo.

Modelo	Nível do Estoque Jun/2021					*Falhas
		Baixo	Normal	Alto		
98200	9%	32%	45%	9%	5%	0%
02100	0%	18%	6%	24%	53%	0%
98100	11%	6%	11%	6%	0%	67%
98000	0%	5%	43%	33%	19%	0%
04200	0%	0%	0%	32%	68%	0%
04100	0%	0%	13%	0%	88%	0%
Média	3%	10%	20%	17%	39%	11%

*Falhas - Dias que faltarão peças para entrega.

A Tabela 4.3 apresenta os níveis do estoque por modelo, considerando os planos de entrega de produção e a política praticada pela empresa. Após a conclusão da análise dos níveis do estoque, notou-se que 1 modelo não conseguiria suprir a necessidade do cliente, apresentando ocorrências de falha de entrega, ou seja, não terá peças para entregar para o cliente.

4.3 - RESULTADOS APÓS APLICAÇÃO DA FERRAMENTA

Diante dos dados apresentados, foi aplicada a ferramenta da gestão do estoque utilizando a lógica fuzzy, como base nos requisitos já definidos e utilizados pela empresa, como o range de variação dos pedidos e do plano de produção e a política de estoque. Após as aplicações por modelo, as informações obtidas foram determinantes para estabelecer uma nova visão para a gestão dos níveis de estoque e principalmente para o planejamento da produção. A Figura 4.3 reapresenta o cenário do mês de junho, considerando a demanda do cliente, o plano de produção total, antes do uso da ferramenta, e o plano de produção projetado, após o uso da lógica fuzzy como ferramenta de análise.

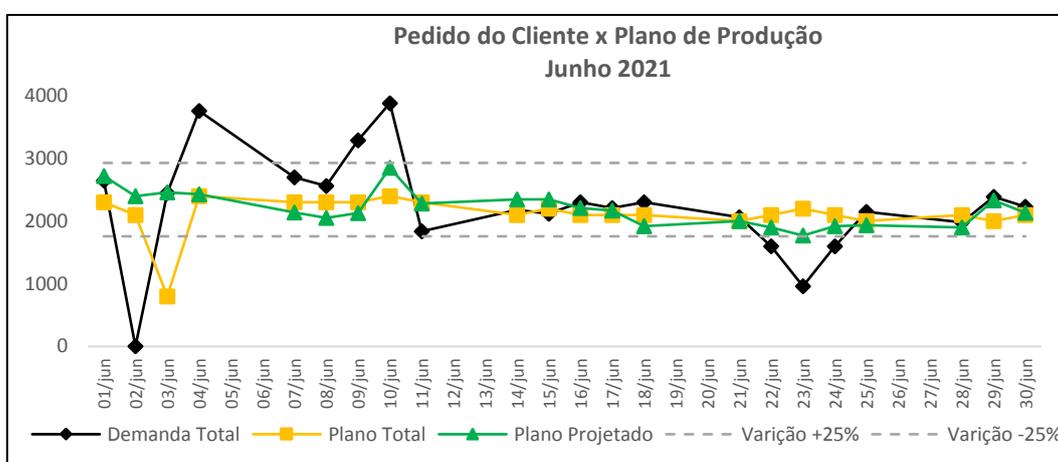


Figura 4.3 - Plano de produção, demanda total e plano projetado 06/2021.

Nota-se, através da Figura 4.3 que após o uso da lógica fuzzy, houve estabilidade do plano de produção, de forma que este não siga a variação da demanda, possibilitando maior estabilidade e melhor execução do plano de produção por parte da empresa.

Com a apresentação da Figura 4.4, fica evidente a melhoria qualitativa, após a aplicação da lógica fuzzy na elaboração do plano de produção pelos profissionais do PCP, entretanto, a finalidade desta pesquisa é que essa ferramenta possa auxiliar a gestão dos níveis de estoque de P.A da empresa objeto deste estudo. O Gráfico 4.4 apresenta os resultados dos níveis do estoque, considerando os 5 níveis de saídas, estabelecidos nas regras de inferência, além de mostrar as diferenças de níveis antes e depois do uso da lógica fuzzy.

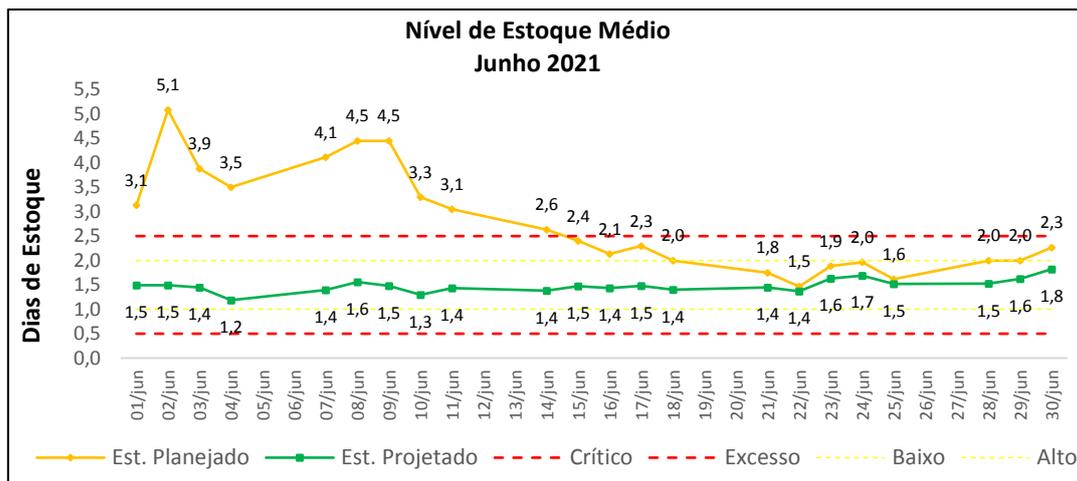


Figura 4.4 - Nível de estoque conforme as regras de inferência fuzzy.

Comparando as linhas laranja e verde da Figura 4.4, nota-se semelhança em seus comportamentos após a segunda quinzena do mês de junho/ 2021, porém é possível notar que a linha laranja apresenta 10 pontos fora dos limites da política de estoque, aproximadamente 45% dos dias. A linha verde, no mesmo período, não apresenta pontos fora dos limites estabelecidos pela política de estoque.

As Tabela 4.4 mostra o novo cenário do planejamento da produção, após a aplicação da ferramenta de análise através da lógica fuzzy. No novo planejamento a variação do plano de produção com $\pm 25\%$, caiu de 54% para 6%.

Tabela 4.4 - Plano de produção com variação por modelo.

Modelo	Ocorrências jun/21			Total
	Variação do Plano			
	Baixa	Normal	Alta	
98200	0%	100%	0%	100%
02100	15%	62%	23%	100%
98100	0%	100%	0%	100%
98000	0%	100%	0%	100%
04200	0%	100%	0%	100%
04100	0%	100%	0%	100%

Em relação ao planejamento do plano de produção, foi possível zerar todas as ocorrências de variação, garantindo uma produção estável e padronizada.

Tabela 4.5 - Plano de produção com variação por modelo.

Modelo	Nível do Estoque Jun/2021					
		Baixo	Normal	Alto		*Falhas
98200	0%	0%	100%	0%	0%	0%
02100	0%	0%	92%	8%	0%	0%
98100	0%	0%	93%	7%	0%	0%
98000	0%	11%	89%	0%	0%	0%
04200	0%	5%	85%	10%	0%	0%
04100	0%	0%	100%	0%	0%	0%
Média	0%	3%	93%	4%	0%	0%

*Falhas - Dias que faltarão peças para entrega.

Para conclusão dos resultados, foram feitas as simulações utilizando as saídas de inferência fuzzy: Crítico, Baixo, Normal, Alto e Excesso, e através da Tabela 4.5, nota-se que os resultados obtidos por modelo e as médias proporcionais para cada nível do estoque ou saída do sistema fuzzy, pode-se concluir os seguintes resultados:

- Redução da média dos níveis de estoque crítico de 3% para 0%;
- Redução da média do nível de estoque baixo de 10% para 3%;
- Aumento da média de dos níveis de estoque normais de 20% para 93%;
- Redução da média do nível de estoque alto de 17% para 4%;
- Redução da média do nível de estoque excesso de 39% para 0%, e;
- Eliminação das ocorrências de falhas de entrega de 17% para 0%.

De acordo com os resultados obtidos, observou-se que a ferramenta aplicada, utilizando a lógica fuzzy, foi eficaz não só para o suporte na gestão do estoque, mas também para o planejamento da produção, por apresentar a possibilidade de desenvolver um plano de produção sem variação, possibilitando uma produção estabilizada e controlada, podendo impactar na redução dos custos altos com horas extras, por exemplo, melhorando a qualidade do trabalho dos colaboradores e conseqüentemente do produto.

Portanto, com base em todas as informações obtidas e apresentadas, conclui-se a eficácia no uso da ferramenta de análise através da lógica fuzzy, podendo ser utilizada não apenas no estoque de P.A, mas para qualquer estoque dentro da cadeia produtiva de uma empresa, reduzindo os riscos por falta de peças para o cliente, os custos, melhorando a efetividade do planejamento e padronizando os processos.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

5.1 - CONCLUSÕES

Esta pesquisa desenvolveu-se partindo do princípio de que os estoques são uma estratégia vital na gestão dos resultados para qualquer empresa, e teve como foco principal, a melhoria da cadeia de suprimentos com o desenvolvimento de uma ferramenta capaz de realizar análises através de um sistema de inferência fuzzy, auxiliando na gestão do estoque de P.A de uma indústria do ramo automotivo, situada no P.I.M.

O sistema proposto confirmou as dificuldades levantadas para a tomada de decisão na definição dos estoques de segurança, levando em conta pontos específicos como a política de estoque e a limitação de espaços no estoque, também era nítido o risco do atraso nas entregas por falta de peças no estoque. Entretanto, tal condição foi eliminada após a aplicação da ferramenta de análise que criou uma base de segurança capaz de reduzir consideravelmente os transtornos por falta ou excesso de peças no estoque, elevando a média do nível de estoque normal de 20% para 93%, permitindo uma melhor gestão do estoque de P.A e uma maior integração da empresa com os seus clientes e as suas necessidades.

As inconformidades de informações entre os pedidos dos clientes e os planos de produção foram comprovadas durante as análises da pesquisa e estas impactavam diretamente no nível de estoque e nos planejamentos das linhas de produção, dessa forma, após a aplicação da ferramenta de análise, surgiram mais possibilidades para se estabelecer um plano de produção sem as variações das quantidades de produtos, eliminando as variações de $\pm 25\%$ e facilitando as tomadas de decisões da equipe de planejamento, proporcionando ao departamento de produção uma sistemática mais eficiente de montagem, validando o sucesso na aplicação da ferramenta de análise.

Outro ponto sensível no ambiente de realização desta pesquisa foi o espaço físico, que havia sido projetado para cenários de baixas variações e se mostrava insuficiente antes da aplicação da ferramenta de análise, disponibilizando 30 locações para uma necessidade 46. Entretanto, o modelo proposto permitiu uma otimização dos espaços no estoque e no processo produtivo reduzindo a necessidade para 25 locações, consequentemente melhorando o desempenho da cadeia de suprimentos da empresa

principalmente em relação fluxo da cadeia e as atividades desenvolvidas na área de expedição da empresa.

Portanto, conclui-se que esta pesquisa além de atender a todos os objetivos que se propôs, também pode contribuir para novos estudos sobre o tema abordado, podendo ser aplicado a qualquer sistema de estoque, independente da estrutura, tamanho ou do ramo da empresa, uma vez que o modelo de inferência fuzzy é considerado uma ótima ferramenta como auxílio a tomadas de decisão, refletindo nos resultados e aumentando o nível de competitividade do negócio praticado.

5.2 - SUGESTÕES

Embora assunto abordado apresente vasta abrangência e possibilidades, este estudou imitou suas análises e aplicações na área de estoque de P.A, propondo sugestões voltadas para a gestão e controles dos níveis de estoque, através das técnicas apresentadas para a utilização do modelo proposto, nos seguintes termos:

- O incremento de mais regras com base nos conhecimentos e experiências dos usuários do sistema de inferência;
- A aplicação para outros produtos e seus modelos, uma vez que este estudo se limitou apenas a um produto e seu grupo de seis modelos;
- A aplicação do sistema para outros estoques, como estoque de WIP, Matéria prima, etc., pois, mais uma vez, este estudo limitou-se apenas ao estoque de P.A;
- Criação de um sistema computacional, que possibilite a gestão do estoque em tempo real, visando a otimização dos conceitos pesquisados e aplicados, na elaboração do modelo proposto.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AGUADO, A. G; CANTANHEDE, M. A. **Lógica Fuzzy**. Artigo acadêmico. Faculdade de Tecnologia Universidade Estadual de Campinas, 2010. Disponível em: <https://www.academia.edu/download/37573988/2010_IA_FT_UNICAMP_logicaFuzzi.pdf>. Acesso em: 27 de fevereiro de 2021, às 13h40min.

ALTROCK, V. C. **Fuzzy logic and neuro fuzzy applications in bussiness and finance**. New Jersey: Prentice Hall PTR, 1996.

AMENDOLA, M.; SOUZA, A. L.; BARROS, L. C. **Manual do uso da teoria dos conjuntos Fuzzy no MATLAB 6.5**. 2005. Disponível em: <https://www.ime.unicamp.br/~laeciocb/manual_fuzzy_matlab.pdf>. Acesso em: 28 de abril de 2021, às 21h50min.

ARNOLD, J. R. T. **Administração de materiais**. 1. ed. São Paulo: Editora Atlas SA, 1999.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: Planejamento, organização e logística empresarial**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BARCO, C. F.; VILLELA, F. B. **Análise dos sistemas de programação e controle da produção**. Rio De Janeiro, 2008.

BAZANTE, L. **Estoques: Curso técnico em administração: Educação a distância**. Recife: Secretaria Executiva de Educação Profissional de Pernambuco, 2016.

BIANCHI, A. M. **Os efeitos da implantação da gestão de estoques, com base na filosofia just-in-time, no que diz respeito ao resultado econômico de uma empresa**. Monografia (Graduação em Engenharia) - Universidade de Caxias do Sul 2011. Disponível em: <<https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/1479/TCC%20Adriane%20Maria%20Bianchi.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 24 de fevereiro de 2021, às 23h30min.

BORBA, J. C. R. *et al.* Aplicação do sistema máximo-mínimo no controle de estoque de uma empresa do segmento termoplástico. Artigo acadêmico. **XXXV Encontro nacional de engenharia de produção**. Fortaleza, CE, Brasil, 2015. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_206_222_28457.pdf>. Acesso em: 22 de março de 2021, às 21h00min.

BRANDÃO M.S; FILHO, M. G. Ocorrência e causas do efeito chicote para a cadeia de suprimentos de produtos de luxo. **Revista de administração de Roraima**, v. 10, 2020 CADECON - Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, RR. Disponível em: <<https://revista.ufr.br/adminrr/article/view/6009>>. Acesso em: 11 de julho de 2021, às 15h20min.

CHERRI, A. C; JUNIOR, D. J. A; SILVA, I. N. **Inferência fuzzy para o problema de corte de estoque com sobras aproveitáveis de material. Artigo acadêmico.** Pesquisa operacional (2011) 31(1): 173-194. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/pope/v31n1/v31n1a11.pdf>>. Acesso em: 20 de março de 2021, às 13h36min.

CHIAVENATO, I. **Administração de materiais: Uma abordagem introdutória.** 3. ed. Rio de Janeiro. Elsevier, 2005.

COX, E. **The fuzzy systems handbook: a practitioner's guide to building, using, and maintaining fuzzy systems.** New York: AP Professional, 1994.

DIAS, M. A. P. **Administração de materiais: Uma abordagem logística.** 4ª edição. São Paulo. Atlas, 2010.

EWBANK, H.; WANKE, P. F. Pontos de pedido fuzzy: Otimizando níveis de estoque por meio de experiência gerencial. **COPPEAD**, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://www.coppead.ufrj.br/ptbr/upload/publicacoes/ewbank_wanke_artigo_mundo_logistica.pdf/>. Acesso em: 18 de dezembro de 2020.

GIANESI, I. G. N; BIAZZI, J. L. Gestão estratégica dos estoques. **Revista Administração**, São Paulo, vol.46, n.3, p.290-304, jul./ago./set. 2011. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0080210716302060/pdf?md5=691011e21acd05b46065cb7193e7e2cd&pid=1s2.0S0080210716302060-main.pdf&_valck=1>. Acesso em: 04 de dezembro de 2020, às 21h17min.

GOMIDE, F. A. C; GUDWIN, R. R. Modelagem, controle, sistemas e lógica fuzzy. **Revista SBA Controle & Automação**/Vol.4 n°3/setembro-outubro 1994. Disponível em: <<ftp://calhau.dca.fee.unicamp.br/pub/docs/gudwin/publications/RevSBA94.pdf>>. Acesso em: 26 de junho de 2021, às 21h45min.

GOMIDE, F. A. C; GUDWIN, R. R; TANSCHKEIT, R. **Conceitos fundamentais da teoria de conjuntos fuzzy, lógica fuzzy e aplicações.** UNICAMP, Campinas – SP, 2015. Disponível em: <<ftp://calhau.dca.fee.unicamp.br/pub/docs/gudwin/publications/ifsa95.pdf>>. Acesso em: 26 de junho de 2021, às 21h20min.

GONÇALVES, P. S. **Administração de materiais**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

HORNBURG, S.; TUBINO, D. F.; LADEIRA, N. E.; THONERN, A.; RIFFEL, L. F. A Programação da Produção Puxada Pelo Cliente: Estudo de Caso na Indústria Têxtil. Artigo acadêmico. **XXVIII Encontro nacional de engenharia de produção**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 13 a 16 de outubro de 2008. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_tn_sto_069_491_10794.pdf>. Acesso em: 03 de julho de 2021, às 13:30hs.

JUNIOR, F. R. L.; CERVI, A. F. C.; CARPINETTI, L. C. R. Uma metodologia multicritério baseada em inferência fuzzy para classificação ABC de estoques. **Revista eletrônica pesquisa operacional para o desenvolvimento**. 2014. Disponível em: <<https://podesenvolvimento.org.br/podesenvolvimento/article/view/312/305>>. Acesso em: 27 de junho de 2021, às 23h30min.

KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L.; MALHOTRA, M. **Administração de produção e operações**. São Paulo: Pearson Prentice hall, 2009.

LEMOS, A. C. D. **Aplicação de uma Metodologia de Ajuste do Sistema Kanban em um Caso Real Utilizando a Simulação Computacional**. Florianópolis, 1999.

MARTELLO, L. L.; DUNDARO, F. Planejamento e controle de estoque nas organizações. **Revista Gestão Industrial**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR Campus Ponta Grossa - Paraná – Brasil ISSN 1808-0448 / v. 11, n. 02: p. 170-185, 2015 D.O.I: 10.3895/gi.v11n2.2733.

MARTINS, P. G; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. São Paulo. Saraiva, 2000.

MENEGON, D.; NAZARENO, R. R.; RENTES, A. F. **Relacionamento entre desperdícios e técnicas a serem adotadas em um Sistema de Produção Enxuta**. Ouro Preto-MG, 2003.

MORENO, W. S.; MONTEIRO, M. R.; MONTEIRO, J. R. ESTUDO E APLICAÇÃO DA LÓGICA FUZZY PARA ESTACIONAMENTO AUTOMÁTICO DE VEÍCULOS. **Simpósio Excelência em Gestão e Tecnologia**, 2018. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos18/28326325.pdf>. Acessado em: 28/05/2021, às 18:50hs.

MOURA, R. A. **Kanban: a simplicidade do controle da produção**. 4 ed. São Paulo :Imam, 1999.

MUKAIDONO, M. **Fuzzy Logic For Beginners**. Singapore: World Scientific, 2001.
RUSS, Eberhart; SIMPSON, Pat; DOBBINS, Roy. Computational Intelligence PC tool.
London: AP Professional, 1996.

PADOVEZE, C. L. **Contabilidade gerencial: um enfoque em sistema de informação contábil**. 4ª Edição. São Paulo: Atlas, 2004.

PINTO, C. V. **Organização e Gestão da Manutenção**. 2. ed. Lisboa: Edições Monitor, 2002.

POZO, H. **Administração de Recursos Materiais e Patrimoniais: Uma abordagem logística**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

RIGNEL, D. G. S; CHENCI, G. P; LUCAS, C. A. Uma introdução a lógica fuzzy. Artigo acadêmico. **Revista Eletrônica de sistemas de informação e gestão tecnológica**. Vol. 01 Publicada em 01-2011. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/pope/v31n1/v31n1a11.pdf>>. Acesso em: 20 de março de 2021, às 18h55min.

SILVA, R. A. C. **Inteligência artificial aplicada à ambientes de engenharia de software: Uma visão geral**. Universidade Federal de Viçosa, 2005.

SILVA, B. W. **Gestão de estoques: Planejamento, execução e controle**. 2a ed. João Monlevade: BWS Consultoria, 2019.

SILVA, J. R.; LEITE, V. M. Curva ABC e estoque de segurança como solução para redução de estoque. **South American Development Society Journal**. Vol.: 05, | Nº.: 13 | Ano: 2019 | ISSN: 2446-5763 | DOI: 10.24325/issn.2446-5763.v5i13p73-88. Publicado em 08/04/2019. Disponível em: <<http://www.sadsj.org/index.php/revista/article/view/191>>. Acesso em: 03 de julho de 2021, às 19h.

SILVA, M. G; RABELO, M. H. S. Importância do controle de estoques para as empresas. **Revista Acadêmica Conecta FASF** 2(1):238-254, 2017. Disponível em: <<http://revista.fasf.edu.br/index.php/conecta/article/view/63>>. Acesso em: 05 de fevereiro de 2021, às 19h55min.

SILVA, A. L.; GANGA, G. M. D; JUNQUEIRA, R. P. Como determinar os sistemas de controle da produção a partir da lei de Pareto. Artigo acadêmico. **XXIV Encontro nacional de engenharia de produção** - Florianópolis, SC, Brasil, 03 a 05 de novembro

de 2004. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2004_enegep0101_0457.pdf>. Acesso em: 07 de maio de 2021, as 22h35min.

SLACK, N. *et al.* **Administração da produção**. Edição única, São Paulo: Editora Atlas, 2006.

SOUZA, O. N. **Introdução à teoria dos conjuntos fuzzy**. Projeto de pesquisa. Universidade Estadual de Londrina, PR. 2010. Disponível em: <<http://www.ime.unicamp.br/~valle/PDFfiles/osmar10.pdf>>. Acesso em: 26 de maio de 2021, às 22h30min.

SUGIMORI, Y.; KUSUNOKI, K.; Cho, F. e UCHIKAWA, S. Toyota production system and Kanban system: Materialization of just-in-time and respect for human system. **International journal of production research**, 1977 15(6), p. 553-564.

TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção: Teoria e Prática**. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2008.

ZORZO, A. **Gestão de produtos e operações**. 1. ed. São Paulo: Person Education do Brasil, 2015.