



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS
MESTRADO PROFISSIONAL

ANÁLISE DE ESTOQUE DO PROCESSO PRODUTIVO UTILIZANDO INFERENCIA FUZZY PARA TOMADA DE DECISÃO: ESTUDO DE CASO

Pablo Rock Dias Carvalho

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: Rui Nelson Otoni Magno

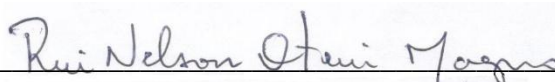
Belém
Abril de 2021

**ANÁLISE DE ESTOQUE DO PROCESSO PRODUTIVO UTILIZANDO
INFERENCIA FUZZY PARA TOMADA DE DECISÃO: ESTUDO DE CASO**

Pablo Rock Dias Carvalho

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.

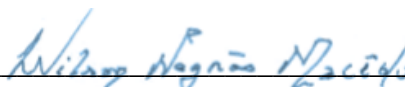
Examinada por:



Prof. Rui Nelson Otoni Magno, Dr.
(PPGEP/ITEC/UFPA-Orientador)



Prof. Jandecy Cabral Leite, Dr.
(PPGEP/ITEC/UFPA-Membro)



Prof. Wilson Negrão Macêdo, Dr.
(PPGEP/ITEC/UFPA - Membro)



Prof. David Barbosa de Alencar, Dr.
(ITEGAM-Membro)

BELÉM, PA - BRASIL

ABRIL DE 2021

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

Carvalho, Pablo Rock Dias, 1988-
Análise de estoque do processo produtivo utilizando
inferência Fuzzy para tomada de decisão: Estudo de caso /
Pablo Rock Dias Carvalho - 2021.

Orientador: Rui Nelson Otoni Magno

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade
Federal do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Processos, 2021

1. Controle de estoque 2. Lógica Fuzzy 3. Controle de
processos 4. Tomada de decisão I. Título

CDD 670.42

*Dedico este trabalho a todos aqueles que
contribuíram para sua realização A Deus,
porque d'Ele e por Ele e para Ele são
todas as coisas.*

*A Minha Linda e Maravilhosa Esposa
Luciana de Oliveira Lima Carvalho e ao
Joaquim Rock meu filho Lindão.*

*A Joaquina Ferreira Dias, minha mãe,
exemplo de mulher, de determinação e
amor.*

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, pelo acompanhamento durante as pesquisas experimentais e pela assistência na elaboração desta dissertação;

Aos professores e colegas do curso, PPGEP;

A Universidade Federal do Pará - UFPA.

O Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia – ITEGAM.

Ao Professor, amigo e orientador Dr. Jandecy Cabral Leite, pela condução e orientação na realização deste trabalho.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos – Mestrado Profissional, PPGEP/ITEC, pelas aulas de excelência durante o curso.

A minha família, pela força, compreensão dos obstáculos e desafios que compartilhamos nesse período.

Aos meus amigos, pelo companheirismo e pelas alegrias compartilhadas.

A todos que, direta e indiretamente, contribuíram para realização deste trabalho.

“O primeiro requisito para o sucesso é a habilidade de aplicar incessantemente suas energias físicas e mental a qualquer problema sem se casar”

(Thomas Edson)

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.)

ANÁLISE DE ESTOQUE DO PROCESSO PRODUTIVO UTILIZANDO INFERENCIA FUZZY PARA TOMADA DE DECISÃO: ESTUDO DE CASO

Pablo Rock Dias Carvalho

Abril/2021

Orientador: Rui Nelson Otoni Magno

Área de Concentração: Engenharia de Processos

O objetivo do trabalho é propor uma metodologia para avaliação de estoque e tomada de decisão em uma empresa de fito cosméticos, utilizando lógica *fuzzy*. Neste estudo de caso buscou-se ter como resposta o nível de produção e conseqüentemente a razoabilidade do estoque. Tal técnica de IA foi escolhida por ser a mais indicada para uma melhor tomada de decisão. Com os resultados obtidos pela simulação com os dados reais, foi possível verificar que utilizando a técnica de Lógica *fuzzy* a tomada de decisão teve uma maior precisão para o cenário aplicado e isso trará benefícios para a empresa, bem como a minimização de custos de estocagem e produção semanal além do necessário. Conclui-se que a metodologia conseguiu atingir os objetivos estabelecidos, indicando por meio da lógica *fuzzy* uma melhor tomada de decisão na produção de produtos.

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

**STOCK ANALYSIS OF THE PRODUCTION PROCESS USING FUZZY
INFERENCE FOR DECISION MAKING: CASE STUDY**

Pablo Rock Dias Carvalho

April/2021

Advisor: Rui Nelson Otoni Magno

Research Area: Process Engineering

The objective of the work is to propose a methodology for stock assessment and decision making in a phyto cosmetics company, using fuzzy logic. In this case study, we tried to answer the level of production and, consequently, the reasonableness of the stock. Such AI technique was chosen because it is the most suitable for better decision making. With the results obtained by the simulation with the real data, it was possible to verify that using the fuzzy logic technique the decision making had a greater precision for the applied scenario and this will bring benefits to the company, as well as the minimization of storage costs and weekly production beyond what is necessary. It is concluded that the methodology was able to achieve the established objectives, indicating by means of fuzzy logic a better decision making in the production of products.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 - MOTIVAÇÃO.....	1
1.2 - OBJETIVO.....	2
1.2.1 - Objetivo geral.....	2
1.2.2 - Objetivos específicos.....	2
1.3 - CONTRIBUIÇÕES DA DISSERTAÇÃO.....	2
1.3 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	3
CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA.....	4
2.1 - A HISTÓRIA DA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL.....	4
2.1.1 - Produção.....	5
2.2 - A IMPORTANCIA DO ESTOQUE.....	5
2.3 - GESTÃO DE ESTOQUES.....	6
2.4 - MODELOS DE ESTOQUES.....	7
2.5 - SISTEMAS DE INFORMAÇÃO DE ESTOQUES.....	7
2.6 - PROBLEMAS RELACIONADOS A ESTOQUES: NÍVEIS DE ESTOQUE, RUPTURA DE VENDAS E RUPTURA DE ESTOQUE.....	8
2.7 - PONTO DE PEDIDO (PONTO DE REPOSIÇÃO).....	10
2.8 - TIPOS DE PREVISÕES.....	11
2.9 - PLANEJAMENTO NA GESTÃO DE ESTOQUE PRODUÇÃO.....	12
2.10 - CLASSIFICAÇÃO ABC.....	13
2.11 - INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL.....	15
2.12 - LÓGICA FUZZY.....	16
CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
3.1 - MATERIAIS.....	19
3.1.1 - Caracterização da empresa.....	19
3.1.2 - Modelo do sistema de inferência fuzzy.....	21
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
4.1 - VARIÁVEIS DE ENTRADA.....	22
4.2 - VARIÁVEL DE SAÍDA.....	26
4.3 - REGRAS DO SISTEMA.....	27
4.4 - GRÁFICO DE SUPERFÍCIE.....	31

4.5 - SIMULAÇÃO.....	32
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	35
5.1 - CONCLUSÕES.....	35
5.2 - TRABALHOS FUTUROS.....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
APÊNDICE A - ARQUIVO FIS DESCOMPILADO.....	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Gráfico dente de serra.....	11
Figura 2.2	Planejamento de produção.....	13
Figura 2.3	Mapeamento do sistema <i>fuzzy</i>	17
Figura 3.1	Processo da empresa.....	20
Figura 3.2	Modelo do sistema <i>fuzzy</i>	21
Figura 4.1	Variável de entrada <i>Estado Estoque</i>	23
Figura 4.2	Variável de entrada <i>Tempo Em Estoque</i>	24
Figura 4.3	Variável de entrada <i>Venda</i>	25
Figura 4.4	Variável de entrada <i>Pedido</i>	26
Figura 4.5	Variável de saída <i>Produção</i>	27
Figura 4.6	Gráfico de superfície 3D.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1	Regras do sistema Fuzzy.....	27
Tabela 4.2	Simulação com dados aleatórios.....	32
Tabela 4.3	Simulação com dados reais.....	33

NOMENCLATURA

ALB	ASSEMBLY LINE BALANCING
ALI	ASSEMBLY LINE ISSUES
ERP	ENTERPRISE RESOURCE PLANNING
IA	INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL
IoT	INTERNET DAS COISAS
JIT	JUST-IN-TIME
RE	RUPTURA DE ESTOQUE
RI	REVOLUÇÃO INDUSTRIAL
RV	RUPTURA DE VENDA

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 - MOTIVAÇÃO

O estoque é utilizado por quase todas as empresas afim de obter produtos disponíveis em picos de demanda, algo que é necessário e fundamental, na literatura (DANDARO e MARTELLO, 2015; BORGES *et al.*, 2010; SILVA e VOLANTE, 2019; NOGUEIRA e NASCIMENTO, 2017; GONÇALVES *et al.*, 2019) pode-se encontrar o quanto o controle de estoque é importante para as empresas, sendo uma variável indispensável para a eficácia das instituições atuais (DE ARAÚJO *et al.*, 2009). E com o aumento da globalização, há uma grande curva de crescimento na utilização de tecnologias da informação por empresas, indo de sistemas produtivos ao setor administrativo (DE CÁSSIA TOBIAS, 2018).

Ter um mecanismo que auxilie no estoque é uma tarefa que assusta as empresas que atuam em todos os setores (ALAKAN *et al.*, 2019), assim os sistemas informatizados fazem um papel fundamental no controle de estoque e que nos dias atuais é necessário que as empresas utilizem essas ferramentas para não perder mercado para as concorrentes (LUCAS e QUEIROZ, 2016), pois são instrumentos que otimizam o tempo, gastos e melhoram a gestão de recursos. De acordo com PICK *et al.* (2011), o uso constante de um sistema informatizado tem correlação direta com uma boa gestão, tanto do estoque como o da própria instituição, aumentando fortemente os ganhos.

Uma alternativa que vem sendo muito utilizada para o emprego de otimização é a inteligência artificial (IA) (DE ARAÚJO *et al.*, 2009), que integrada aos softwares de gerenciamento de estoque potencializam os ganhos da empresa e reduzem os prejuízos, este uso integrado de IA vem sendo muito utilizado no controle e gestão de estoque de pequenas, médias e grandes empresas (FARHAT e OWAYJAN, 2017).

A otimização do controle de estoque é complexa (VAN WINGERDEN *et al.*, 2014; PRAVEEN *et al.*, 2019) por se ter N variáveis, devido a esta complexidade se torna dispendioso efetuar os cálculos por meios matemáticos determinísticos, sendo viável o emprego de técnicas computacionais de inteligência para encontrar uma solução ótima para o problema.

O controle de estoque é amplamente estudado e são desenvolvidas várias técnicas a fim de se obter um ponto ótimo de otimização (BOISSIERE *et al.*, 2008), em qualquer aspecto do estoque, seja em custos, tempo ou armazenagem.

1.2 - OBJETIVOS

1.2.1 - Objetivo geral

Utilizar lógica *fuzzy* para avaliação de estoque e tomada de decisão em uma empresa de fito cosméticos de Manaus.

1.2.2 - Objetivos específicos

- Identificar a qualidade do processo de estoque na empresa de produtos fitocosméticos;
- Analisar o processo de estoque e a extrair os dados com foco nos pontos negativos e positivos;
- Fazer a modelagem da lógica *fuzzy* no software *Matlab*®;
- Efetuar as simulações com os dados reais do estoque;
- Demonstrar os resultados do controle de estoque para uma melhor tomada de decisão.

1.3 - CONTRIBUIÇÕES DA DISSERTAÇÃO

Tendo em vista os vários problemas que há no estoque de várias empresas, optou-se por desenvolver um modelo de avaliação de produção que está intimamente ligado ao estoque. Tal ferramenta favorece na tomada de decisão, a fim de facilitar a questão da quantidade de produtos a serem produzidos por semana sem prejudicar a alocação dos recursos no estoque. Gerando uma clareza ao empreendedor sobre a realidade de seu estoque e sua produção.

A contribuição da dissertação está no modelo desenvolvido que utiliza inteligência artificial para simular as características de um especialista na área de controle de estoque, isso possibilita que no momento em que haja a troca de funcionários ou até a ausência do

mesmo, o sistema possa suprir essa ausência e auxiliar outra pessoa que não possui a mesma experiência que o responsável titular na tomada de decisão.

1.4 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O capítulo 1 apresenta a motivação, os objetivos, as contribuições da dissertação e a forma de organização do trabalho.

O capítulo 2 apresenta uma revisão da literatura sobre a história da revolução industrial e como era a produção na época, a importância do estoque, a gestão de estoques, modelos de estoques, sistemas de informação de estoques, problemas relacionados a estoques, níveis de estoque, ruptura de vendas e ruptura de estoque, ponto de pedido, tipos de previsões, planejamento na gestão de estoque produção, classificação ABC, inteligência artificial, lógica *fuzzy* e a ferramenta *Matlab*®.

O capítulo 3 apresenta os materiais utilizados, a caracterização da empresa objeto de estudo e o modelo de inferências *fuzzy*.

O capítulo 4 apresenta os resultados e discussões, no qual é abordado as variáveis de entrada e de saída, as regras de inferência, os testes e simulação.

O capítulo 5 apresenta as conclusões periciais alcançadas até o presente momento.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - A HISTÓRIA DA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL

No decorrer da história as revoluções industriais tiveram muitas coisas em comum, não só a sistematização de tecnologias que magnificaram a produtividade dos sistemas de produção. Todas as revoluções anteriores tiveram grandes alterações na estrutura da indústria ao mesmo tempo em que criavam novas formas de trabalho, influenciavam o desenvolvimento social e consolidavam uma filosofia econômica dominante. Toda revolução seja ela industrial, tecnológicas ou até mesmo social, passa por profundas mudanças em sua estrutura e nas formas de adaptar-se ao seu novo modelo (BRUNO, 2020).

Uma característica que marcou o século XVIII foi a substituição de pessoas por máquinas, e seu impacto foi tão grande na Europa e no mundo que transfigurou não somente a sociedade inglesa, mas também a face do planeta gerando alterações entre os seres humano e a natureza (ROCHA *et al.*, 2020).

Estudos consolidados apontam que surgiu 41 anos após a construção da primeira linha de montagem movida por meios mecânicos (linha do Ford T criada em 1913 por Henry Ford que muitos autores demarcam como o início da II Revolução Industrial (RI). Provavelmente o mais correto seria considerar: a máquina a vapor como o marco da I RI, a locomotiva/estrada de ferro o marco da II RI e a linha de montagem movida por meios mecânicos o marco da III RI: sem as estradas de ferro o mercado de massa não poderia ter sido criado. GAGNON e GHOSH (1991), dividem os estudos sobre linhas de montagem em dois grupos: ALB (Assembly Line Balancing) e ALI (Assembly Line Issues) e traçam o perfil histórico e as perspectivas futuras de tais pesquisas. Em 1954, HELGESON (1954) *apud* GHOSH e GAGNON (1989), foi o primeiro a definir o problema de balanceamento de linha de montagem (ALB – Assembly Line Balancing) estabelecendo uma nova área de estudos.

A poder incontrolável chamado transformação tecnológica, conhecida como Internet das Coisas IoT, está hoje inclusa diretamente na economia, indústria e sempre está em franco desenvolvimento. Essa onda transformadora e exaustiva, vem acelerando

o mundo digital de máquinas, equipamentos, objetos, pessoas (smartphones) e pela sua interconexão, via internet, formando enormes redes integradas (COUTINHO, 2017).

2.1.1 - Produção

A globalização vem viabilizando uma nova era da competitividade, gerando inúmeros benefícios no sistema produtivo, atingindo, entre outras áreas, a Programação e Controle da Produção, sendo que a competitividade pode ser considerada como resultado das atividades que a empresa desempenha em termos de projeto, produção, comercialização e contato com fornecedores (CHAN *et al.*, 2016).

Como o sucesso e sobrevivência das empresas dependem, entre outros fatores, da eficiência de seu departamento de produção, se faz necessário o trabalho de buscar o aperfeiçoamento dos agentes envolvidos no sistema produtivo, objetivando a eficiência produtiva que pode resultar em melhores condições de competitividade ao lado de seus concorrentes (MOURA *et al.*, 2020).

De acordo com REGIS, (2018) diz que a busca pelo processo pleno da produção enxuta é uma atividade recorrente nas pesquisas das mais diversas áreas, elas visam aumentar a eficiência produtiva bem como melhorar as condições de trabalho, para isso um dos itens verificados é o fluxo de produção que pode contribuir positivamente com esta questão.

2.2 - A IMPORTANCIA DO ESTOQUE

O estoque tem um papel fundamental para uma empresa, já que permite a mesma a possibilidade de sempre ter produtos disponíveis para vender (SILVA e RABELO, 2017; BRAIDO e MARTENS, 2013; BALLOU, 2006) e a gestão do estoque feita corretamente possibilita ao gestor uma melhor tomada de decisão (SILVA *et al.*, 2018), além de minimizar os gastos e aumentar os ganhos (PEREIRA e MACHADO, 2017; BAGATTINI *et al.*, 2019). Segundo MENDONÇA e PINHEIRO (2019), caso o controle de estoque não tenha uma boa gestão, pode haver sérios problemas, como o grande volume de produtos no estoque ou a insuficiência do mesmo, ambos prejudicando diretamente nos ganhos e para o caso de haver pouco ou nenhum produto no estoque, a empresa poderá perder clientes pela alta demanda e pouco produto disponível.

Conforme CLARINDO *et al.* (2018), o estoque não pode ter uma grande quantidade de produtos, e nem tão pouco está vazio, para solucionar esta problemática é necessário o uso de softwares de gestão de estoque. Entre estes softwares está o ERP (Enterprise Resource Planning), que integra todos os dados necessários do estoque em único sistema (MATENDE e OGAO, 2013; ABOABDO *et al.*, 2019; JACOBS *et al.*, 2007).

Caso fosse possível saber a demanda exata de cada produto que uma empresa vende e os produtos fossem entregues instantaneamente no momento da efetuação do pedido, não teria motivos para se ter estoques. Apesar de existir maneiras para reduzir a quantidade de estoque, uma melhora gradativa das mesmas e exclusão de estoques para determinados produtos por meio de mecanismos avançados de gestão, hoje em dia ainda há a necessidade do estoque para a grande maioria das empresas, principalmente as que trabalham com diversos produtos (GOEBEL, 1996).

2.3 - GESTÃO DE ESTOQUES

Em um ambiente empresarial, se por um lado baixos níveis de estoque podem levar a perdas de economias de escala e altos custos de falta de uma determinada quantidade de produtos, por outro lado o excesso de estoques representa custos operacionais e de oportunidade do capital empatado (GARCIA *et al.*, 2006).

Com base na opinião de (GARCIA *et al.*, 2006) para se manter um estoque com o menor custo aceitável e a maior eficiência, faz-se indispensável uma gestão de estoque eficiente.

A gestão de estoque busca, portanto, em uma primeira abordagem, manter os recursos ociosos expressos pelo inventário em constante equilíbrio em relação ao nível econômico ótimo dos investimentos” (SILVA e PAULA, 2021).

Nenhum empresário deseja manter valores de sua empresa ociosos por livre vontade, portanto, é preciso adequar esses recursos à demanda, e possível observar que o autor aborda dois aspectos relevantes sobre os estoques: o primeiro é que ele possui um valor econômico e o segundo é acerca de sua ociosidade. É necessário que os processos sejam alinhados com as ferramentas de análises de estoque da empresa, buscando um estoque mínimo para reduzir sua ociosidade, mas seguro, para prevenir desabastecimento. Esse é o grande cuidado que o administrador de estoque deve guardar como seu objetivo principal (TADEU, 2010).

2.4 - MODELOS DE ESTOQUES

Hoje apesar de ser custoso manter um nível de estoque, e sua a depreciação e um risco eminente, itens obsoletos ocupam espaço, e acabam proporcionando certos níveis de segurança em ambientes insertos. A importância de ter um gestor habilitado para entregar os pedidos prontamente sem gerar nenhum tipo de transtorno ou prejuízo aos clientes (SLACK *et al.*, 2018)

Cada organização apresenta suas mais diversas especificidades de produtos para o mercado, o diferencial e a sua forma de lidar com a gestão de estoque devido suas variedades de produtos.

2.5 - SISTEMAS DE INFORMAÇÃO DE ESTOQUES

Segundo SILVA (2020), os estoques são gerenciando por sistemas de informação computadorizados, devido sua importância e complexibilidade que envolvem uma series de volumes de cálculos em planejamento e controle. Atualmente existem diversos softwares (programas) e hardwares (sistemas físicos, como leitores de códigos de barras, etc.) disponíveis no mercado. Os sistemas de informação devem possuir minimamente as seguintes funções:

Atualizar registros de estoques: Neste primeiro momento os registros de estoque são informados e de forma altamente necessárias cada vez que transações envolvendo estoques ocorrem. Exemplo: quando um item é recebido de um fornecedor e vai para o estoque; quando um item sai do estoque e é colocado em transporte; ou quando um item muda de posição (status) é necessário possuir registros acerca de sua posição nos momentos em que essa informação for necessária para a tomada de decisão.

- Gerar Pedidos: Essa tomada de decisão trata-se de situações anteriores (decisão de quanto pedir e decisão de quando pedir) podem ser tomadas utilizando sistemas de informação computadorizados. O sistema mantém todas as informações referentes ao estoque de materiais, a taxa de demanda, e outras informações necessárias para o cálculo do lote econômico de pedido ou de produção. Pode-se escolher diferentes métodos de abastecimento, que por sua vez, irão gerar pedidos de ressurgimento nos tempos adequados, com o menor custo possível. Em outras palavras, os modernos sistemas de gestão de estoques podem trabalhar com

diferentes métodos de decisão: revisão contínua, revisão periódico e outras (SILVA, 2020).

- Gerar Registros de Estoques: os sistemas de informação modernos permitem monitorar e controlar diversas informações relativas aos estoques, o que inclui taxa de demanda, valor monetário total e por item, perfis de estoque, giro, cobertura, giro total, cobertura total, número de pedidos não satisfeitos, tempo de ressuprimento, tempo entre pedidos e praticamente tudo que envolve gerenciamento de estoques. Esses dados são a base a geração de relatórios gerenciais acerca dos estoques.

2.6 - PROBLEMAS RELACIONADOS A ESTOQUES: NÍVEIS DE ESTOQUE, RUPTURA DE VENDAS E RUPTURA DE ESTOQUE

Diversos custos estão envolvidos na manutenção de estoques, podendo ser alguns deles aluguel, localidade ou até mesmo imobilização de capital em instalações prediais e sua manutenção, instalações físicas como prateleiras, segurança, custos administrativos, o próprio material estocado, seja ele um produto acabado ou em processo de produção (estocagem intermediária de produtos não acabados), bem como suas matérias-primas envolvidas no processo (DANDARO e MARTELLO, 2015). Proeminente ponto a ser avaliado também é o extravio, danificação ou roubo de mercadorias ou insumos, por fim, tudo isso transforma-se em custos. Mediante a este cenário, fica evidente a importância do correto gerenciamento dos estoques das organizações (DIAS, 1999).

O estoque de mercadores/produtos se faz necessário devido a discrepância entre a demanda e o fornecimento (BERTAGLIA, 2003).

No caso de um nível de estoque muito acima das demandas pelo produto, maior o risco de perda por vencimento. Assim, diminuir os níveis de estoque significa reduzir custos, objetivo este almejado por todas as organizações. Dentro deste contexto o conceito de estoque Just-in-time (JIT) busca a maior eficácia na manutenção de estoques (CHING, 1999), uma vez que estes são mantidos em níveis que atendam estritamente á demanda necessária, fornecendo os itens no momento exato em que são necessários (HILLIER; LIEBERMAN, 2001). A filosofia JIT visa atender à demanda instantaneamente, com qualidade e sem desperdícios. Ele possibilita a produção eficaz em termos de custos, assim como o fornecimento da quantidade exata de itens que se faz necessária, no momento e local corretos, utilizando o mínimo de recursos (CHING, 1999).

Atualmente sustentar níveis máximo em estoque passa a ser uma sensível tomada de decisão pois implica diretamente em custos para a empresa. Quando e quanto comprar, está ligado diretamente ao nível de estoque de segurança e de cobertura e a função do gestor de estoque. Alguns itens devem ser tratados separadamente, pois trata-se de um alto nível de investimento, que possuem um grande impacto financeiro da empresa (BERTAGLIA, 2003).

Um planejamento bem elaborado faz como que evitemos retrabalho e perdas no processo produtivo, aumentando a eficiência e qualidade do produto gerando aumento da produtividade. Compreender como funciona a manipulação do material desde sua matéria-prima até se torna um produto final evita atividades fracionadas e promove sinergia nos processos. A gestão de controles de estoques está diretamente conectada à lucratividade da empresa. A da competência de o gestor garantir a rotatividade das mercadorias sem interferir no abastecimento das linhas de produção e conseqüentemente no atendimento dos pedidos (FAUSTINO *et al.*, 2020).

É fundamental que, na manutenção dos estoques, o atendimento às demandas dos clientes seja considerado. Suprir o cliente com o produto correto e na quantidade adequada é primordial. Não suprir a necessidade do cliente significa não converter uma venda em lucro, na melhor das hipóteses, uma vez que este não é o único problema único problema (JAKONIS *et al.*, 2017).

Caso não seja possível atender à demanda de um consumidor em um item específico, ele possivelmente procurará outro local para efetuar esta compra, também é possível que isso leve o consumidor a desistir de efetuar todas suas compras (não apenas daquele item indisponível) e procurar o concorrente para tal, fazendo com que todos os produtos em sua lista de compras não sejam vendidos e, conseqüentemente não sejam revertidos em lucro. Em uma loja de varejo, a variedade de itens vendidos e as suas quantidades são elevadas, o que pode fazer com que a perda da venda de um outro item seja insignificante. (DE AGUIAR *et al.*, 2020).

O problema da falta ou indisponibilidade de itens leva ainda a outra consequência, o desgaste na imagem da empresa. É possível que a insatisfação gerada pela falta de produtos diminua a confiança do consumidor na empresa ou até mesmo faça o que ele não frequente mais o local. A questão da insatisfação e da perda de confiança é subjetiva e um variável difícil de ser medida. (GRUBOR *et al.*, 2017).

Se um item está indisponível significa que todas as unidades, até o que estão em estoque, foram vendidas e agora o estoque está zerado. Quando uso ocorre diz-se que o

produto se encontra em Ruptura de Estoque (RE). A consequência da Ruptura de Estoque é a Ruptura de Venda (RV), uma vez que, se não há produto disponível, não há venda. Existem outros motivos para a ocorrência da Ruptura de Vendas como concorrência, promoções de produtos semelhantes dentro da mesma loja, posicionamento dos produtos dos produtos nas gôndolas, entre outros. Neste trabalho apenas a Ruptura de Venda motivada pela Ruptura de Estoque será tratada. Desta forma, de agora em diante, esta informação ficará implícita (DE AGUIAR *et al.*, 2020).

2.7 - PONTO DE PEDIDO (PONTO DE REPOSIÇÃO)

A forma com que o estoque se comporta pode ser visualizada por um gráfico, conhecido como Dente de Serra (FIGUEIREDO *et al.*, 2020; ALMEIDA *et al.*, 2017). O gráfico apresenta o estoque máximo e mínimo e o ponto de reposição (ALMEIDA *et al.*, 2017).

De acordo com TÓFOLI (2008) e POZO (2000), os conceitos de estoque mínimo e máximo podem ser definidos como:

- Estoque mínimo: é a quantidade mínima de um determinado produto que deve ter no estoque.
- Estoque máximo: é a quantidade máxima que o estoque pode atingir, se o estoque máximo for ultrapassado poderá gerar custos desnecessários.

Conforme MOREIRA *et al.* (2001):

Ponto de reposição: é um nível específico, que quando alcançado indica o momento de reabastecimento do produto.

O gráfico Dente de Serra pode ser visualizado na Figura 2.1.

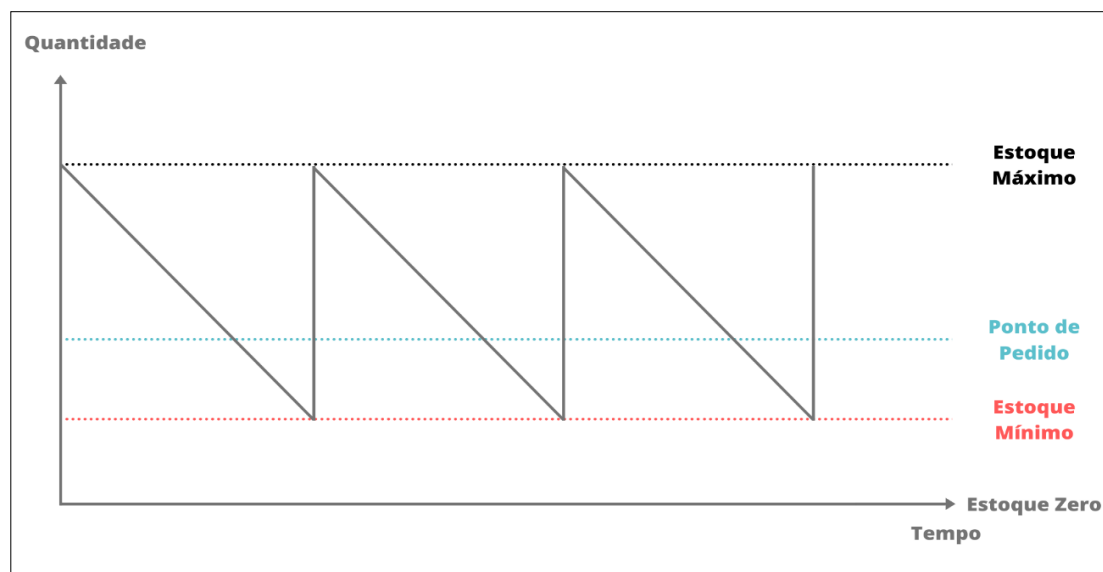


Figura 2.1 - Gráfico dente de serra.

2.8 - TIPOS DE PREVISÕES

Para que a empresa saiba em que determinado momento, ele deva produzir e qual produtos será posto em produção para atender seu fornecedor, faz-se necessário saber alguns tipos de previsões (pedidos/produtos) e como elas serão feitas (LEITE *et al.*, 2020).

As previsões podem ser classificadas, primeiramente, em previsões de curto, médio e longo prazo. Previsões de longo prazo dão uma ideia geral sobre o direcionamento da organização e têm especial atenção do alto escalão da empresa (nível estratégico). As de médio prazo têm como objetivo auxiliar na formulação dos planos de produção e são utilizadas principalmente por tomadores de decisão no nível intermediário (nível tático). Já as previsões de curto prazo são utilizadas pelas gerencias de baixo nível (nível operacional), fornecendo subsídios para a formulação de estratégias de decisões para o futuro imediato (CHOPRA e MEINDL, 2016). Em termos de tempo, estas três classificações podem variar em função de especificidades do problema e do cenário em que se encontram. Previsões de curto prazo podem variar de três a doze meses, as de médio prazo de seis meses a dois anos, enquanto as de longo prazo podem ir desde dois até cinco anos (MOREIRA, 2017).

2.9 - PLANEJAMENTO NA GESTÃO DE ESTOQUE PRODUÇÃO

Os processos de gestão de estoques precisam ser planejados e analisados para que se tenha os resultados desejados. A parte de planejamento é uma das funções essenciais do processo de gestão pois é nela que analisamos o presente e fazemos novos planos para o futuro tendo em vista os objetivos previamente estabelecidos.

O planejamento que envolvendo estoques deve possuir diferentes horizontes de tempo, isto é, deve ser feito para o longo, médio e curto prazo.

O planejamento agregado não deixa ser também um tipo de planejamento tático para o médio prazo baseado em sua demanda agregada e da capacidade disponível, estabelecendo estratégias para conciliar a capacidade de produção e comercialização da empresa (SANTORO e FREIRE, 2008).

O planejamento de capacidade, por sua vez, envolve o longo prazo e situa-se no chamado planejamento estratégico, onde as principais decisões da empresa são tomadas, tais como decisão de fixação de capacidade instalada, avaliação econômica do empreendimento, decisões de localização etc.

O planejamento de produção e comercialização envolvendo o curto prazo e também chamado de planejamento operacional. Nele, determinamos as necessidades de materiais, além de planejamento a produção ou comercialização, isso pode ser visualizado na Figura 2.2.

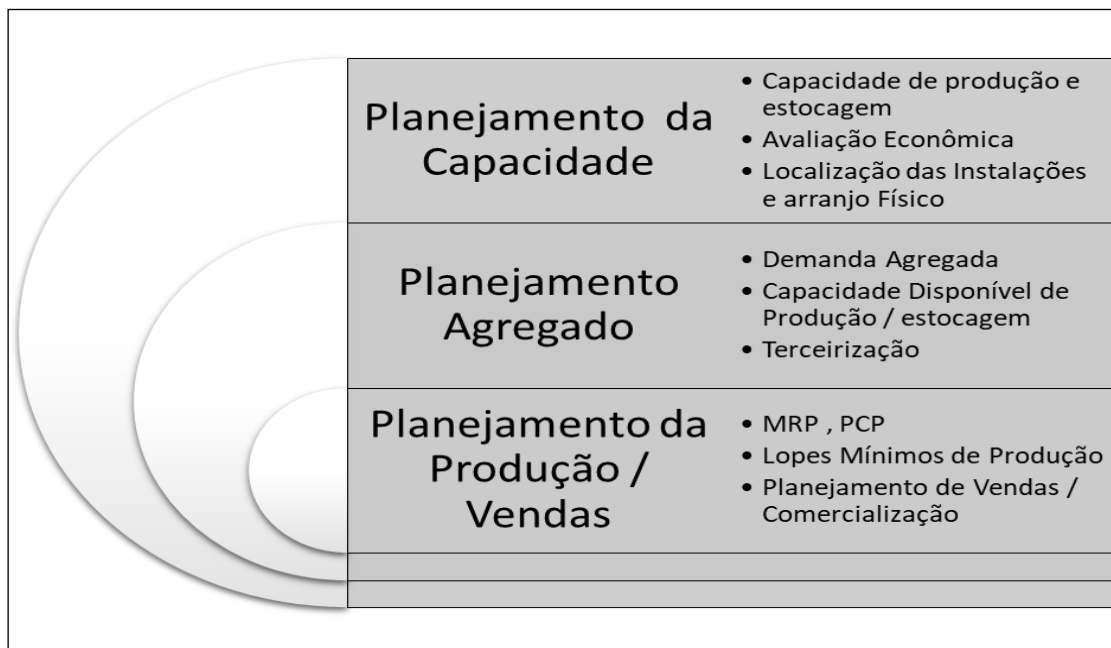


Figura 2.2 - Planejamento de produção.

2.10 - CLASSIFICAÇÃO ABC

A classificação ABC é uma ferramenta quantitativa, sendo uma aplicação na Administração de Matérias de uma ferramenta da Qualitativa, o diagrama de Pareto, também denominado de curva 80:20. Pareto foi um economista italiano que durante suas pesquisas identificou que apenas 20% da produção possuía 80% da riqueza. Este foi o motivo da titulação desta lei postulada por Joseph M. Juran, o qual era consultor de negócios, estabelecendo que 80% das consequências são decorridas de 20% das causas (MAZETTO, 2020). Como ferramenta da qualidade que se configura em uma curva, é utilizado para ordenar causas e perdas, sendo 80% das perdas gerado por 20% de causas. Na Administração de matérias, este princípio é aplicado na classificação rentável dos itens em estoque, identificando em quais itens ou em quais grupos de bens está aplicado o maior volume financeiro. Dessa forma, apenas 20% dos produtos estocados serão responsáveis pela aplicação 80% do investimento financeiro, seguindo o princípio de que a maior parte dos investimentos está centrada em uma pequena quantidade de produtos (CHIAVENATO, 2005). 50 A partir desta classificação é possível apurar quais os bens que são mais custosos à organização, justificando a aplicação de um controle e efetivamente mais rigoroso, com o objetivo de reduzir despesas.

A Curva ABC pode ser executada a partir de diferentes índices como tempo de reposição, valor de demanda, inventário, aquisições realizadas, dentre outros. Contudo, a mais utilizada na prática é a classificação por valor de consumo. Sua eficácia está no fato de proporcionar a diferenciação dos bens estocados, objetivando seu controle, sem perder de vista os custos. A grande vantagem dessa ferramenta é que se pode reduzir as imobilizações em estoques sem que haja prejuízos de segurança (POZO, 2007).

Sabendo-se em quais itens concentram-se os maiores investimentos pode-se aplicar sobre estas ferramentas de previsão de demanda, controle do fluxo de bens, inventário, dentre outras, com o objetivo de aferir mais precisamente as quantidades e volumes movimentados com o intuito de não incorrer em excessos ou faltas que acarretem prejuízos, as perdas podem representar grandes esforço financeiro para a empresa (POZO, 2007).

Para o cálculo da Curva ABC é necessário listar os itens com os quais se deseja aplicar a ferramenta. Em seguida, lista-se preço unitário de compra e seu consumo periódico (POZO, 2007; PEREIRA *et al.*, 2020). A partir da multiplicação do preço unitário pelo consumo de cada item tem-se o “valor total” por produto. A partir desse

cálculo, esses valores são classificados de modo decrescente, ou seja, o maior valor obtido será classificado como primeiro e assim por diante (DIAS, 2009).

Após rearranjar os produtos segundo a ordem decrescente, calcula-se o valor acumulado: basta repetir o valor total do primeiro item e a essa soma ir acrescentado o valor total do item seguinte, sendo a última soma o valor total do somatório desta coluna (PEREIRA *et al.*, 2020).

O próximo passo é calcular o percentual que cada item representa dentro do somatório do valor acumulado, bastando dividir o valor o valor acumulado do item pelo somatório em seguida multiplicar por 100. Na última coluna os itens são classificados em A, B ou C (DE SOUZA *et al.*, 2020; POZO, 2007). A última metade dos itens serão classe C. Da primeira metade dos itens 30% serão classe B e o restante, classe A, ou seja 20%. Desses percentuais quantitativos, os 50% dos produtos classe C contabilizam cerca de 5% do total investimento nos itens estocados; os 30% dos produtos classe B contabilizam em média 15% do investimento total; e os 20% restantes 51 dos itens classe A contabilizam em torno de 80% do investimento (CHIAVENATO, 2005; DIAS, 2009; DE SOUZA *et al.*, 2020).

O gestor pode realocar os itens limítrofes das classes com o objetivo de enquadrar seus itens com a classificação mais próxima dos percentuais ABC (20%, 30% e 50% de quantidades para respectivamente 80%, 15% e 5% de investimento) (DE SOUZA *et al.*, 2020). Portanto, tem-se que a classe A abrange o grupo de matérias mais importante, merecendo forte atenção em seu tratamento, por se tratar daqueles itens de maior importância, merecendo forte atenção em seu tratamento, por se tratarem daqueles itens de maior valor de consumo e de menor quantidade, tendo assim maior importância financeira. O grupo de matérias da classe B encontra-se em situação intermediária, entre a classe A e a classe C. Por fim, a classe C é o grupo de matérias que justifica menor atenção, pois esses itens representam o menor valor de consumo (apesar de representar a maior quantidade de itens), tendo, portanto, menor importância financeira (CHIAVENATO, 2005; VIEIRA e DE SALES, 2020). Na elaboração do gráfico os itens em estoque ordenados irão compor eixo “x” (o eixo das abcissas), enquanto os percentuais do custo total acumulado irão compor o eixo “y” (o eixo das ordenadas).

2.11 - INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A IA é um ramo da ciência da computação que foca no estudo da inteligência tentando imita-la (MOREIRA, 2017; WHITBY, 2004; POOLE *et al.*, 1998), e tem diversas aplicações (SELLITTO, 2002; REZENDE, 2003), seja para tomada de decisão, otimização, aprendizagem ou previsão.

Em resumo a IA pode ser definida como uma máquina que possui a capacidade de imitar o raciocínio humano, sendo capaz de efetuar atividades que o mesmo realiza (DA SILVA e MAIRINK, 2019).

Um dos personagens mais marcantes para a IA e a computação em geral se chama Alan Turing, no qual em seu artigo datado de 1936 denominado de “On Computable Numbers” cunhou a base dos conceitos do computador, que ficou popularmente conhecido como a “Máquina de Turing”, porém o artigo que impactou e deu início a IA foi o seu artigo intitulado “Computing Machinery and Intelligence”, no qual estabeleceu-se o teste de Turing, que tem como premissa verificar se um computador é inteligente (TAULLI, 2020).

O teste de Turing funciona da seguinte forma: Um avaliador faz perguntas para outros dois componentes, sendo um humano e outro uma máquina, se o avaliador não conseguir identificar que é o humano, significa que o teste deu certo e a máquina conseguiu passar pelo teste. A partir daí a IA vem se desenvolvendo até os dias atuais (TAULLI, 2020).

A IA possui duas subdivisões, são elas: Aprendizado de Máquina e Aprendizado Profundo (AIRES *et al.*, 2019).

Aprendizado de Máquina: Nesta subdivisão de IA a máquina consegue o aprendizado através de dados avaliados e categorizados para o reconhecimento de padrões, gerando assim resultados que podem ajudar nas decisões a serem tomadas (RUSSEL e NORVIG, 2013; GESING *et al.*, 2018). Geralmente o que ocorre neste tipo de IA é que os dados devem ser imputados de forma cíclica, a fim de que o aprendizado continue a evoluir (GESING *et al.*, 2018).

Aprendizado Profundo: Este ramo da IA é baseado no aprendizado por meio de informações obtidas de forma a ter padrões categorizados em subdivisões, que conforme o tempo o algoritmo vai se aperfeiçoando sem a necessidade de inserir mais informações (RUSSEL e NORVIG, 2013). Este tipo de IA é eficaz em problemas que requerem

reconhecimento de imagens, processamento natural de linguagem e raciocínio (AIRES *et al.*, 2019).

Uma alternativa que vem sendo muito utilizada para o emprego de otimização é a inteligência artificial (DE ARAÚJO *et al.*, 2009), também utilizada no controle de estoque (FARHAT e OWAYJAN, 2017), que além de otimizar, facilita a gestão e tomada de decisão.

Entre as técnicas de inteligência artificial para a tomada de decisão se destaca a Lógica *Fuzzy* (AIRES *et al.*, 2019).

2.12 - LÓGICA FUZZY

Atualmente a tomada de decisão é muito complexa em determinados casos, devido à incerteza do que leva a uma pessoa a tomar uma decisão. Na vida real há inúmeras informações que são nebulosas e difusas, causando ambiguidade e más tomadas de decisões (MITTAL *et al.*, 2020; KAMBALIMATH e DEKA, 2020).

A teoria dos conjuntos nebulosos conhecida também como lógica *fuzzy* foi cunhada primeiramente por Lofti Asker Zadeh em 1965 no United States (LEE, 1990). A lógica *fuzzy* foi concebida inicialmente para resolver diversas problemáticas que tem como características informações difusas (NOGUEIRA e NASCIMENTO, 2017). A lógica *fuzzy* em contrapartida com a lógica clássica que é em binário, possui seus valores definidos em graus de pertinência, indicando que tudo na lógica *fuzzy* tem seu grau de pertinência, não se limitando apenas a verdadeiro e falso e sim transitando nesse intervalo (ZADEH, 1988).

Com o passar dos anos o poder de processamentos dos computadores foi aumentando, e com isso os sistemas especialistas também, visto que se tem a necessidade de se ter uma melhor tomada de decisão em vários ramos, principalmente em engenharia. Entre a composição de sistemas especialistas se destaca a técnica de IA lógica *fuzzy* (SILVA *et al.*, 2017).

A lógica *fuzzy* consiste em um sistema composto por variáveis de entrada e saída, sendo a variável de entrada utilizados para imputar os dados e a de saída para expressar o valor resultante (resultado) (ZADEH *et al.*, 1965).

O sistema de inferência *fuzzy* possui alguns componentes ditos principais, que segundo WANG (1997) são:

- *Fuzzificador*: Serve para modificar os dados imputados inicialmente no sistema em graus de pertinência, indo do zero (mínimo) ao um (máximo).
- *Regras de inferência fuzzy*: Estas regras são impostas pelo especialista e servem para moldar os parâmetros a serem seguidos pelo sistema a fim de conter uma confiabilidade em um grau alto sobre a capacidade do sistema indicar uma resposta mais próxima dos especialistas que escreveram as regras.
- *Motor de inferência*: É utilizada para unir e processar as regras imputadas no sistema, a fim de gerar valores numéricos para serem defuzzificados.
- *Defuzzificador*: Transforma os valores processados no motor de inferência em valores de saída final, que são apresentados na resposta final do sistema onde está associado uma resposta linguística.

A Figura 2.3 mostra de forma gráfica os conceitos apresentados anteriormente.

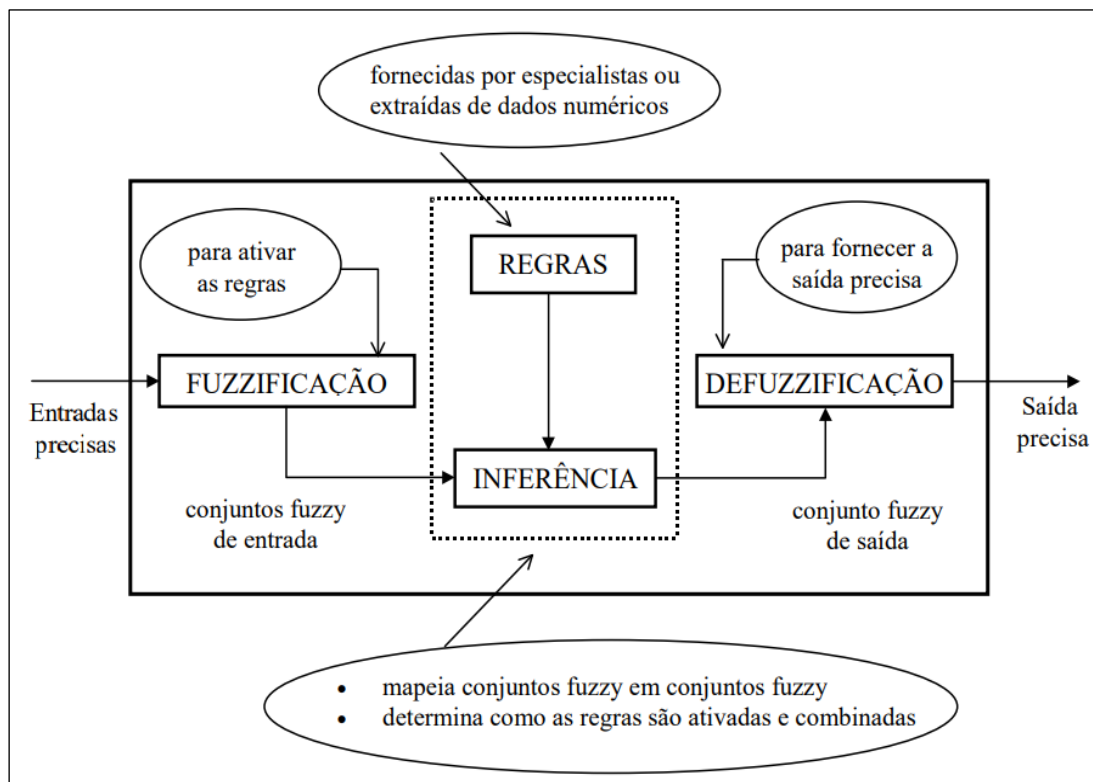


Figura 2.3 - Mapeamento do sistema *fuzzy*.

Fonte: (TANSCHKEIT, 2004).

De acordo com PAGLIOSA (2003), a escolha do método mais adequado para a utilizar no defuzzificador é o Centroide, conhecido também como centro da gravidade ou Centro de Área. O método Centroide pode ser melhor detalhado pela Eq. (2.1):

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n w_i Y_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (2.1)$$

Onde:

C : Centroide;

N : Número de regras imputadas;

W_i : Grau de ativação na ação consequente Y_i .

Existem algumas funções de pertinência utilizadas para a modelagem da lógica *fuzzy*, as principais são: Triangular e Trapezoidal. Segundo JAIN e SHARMA (2020), a Eq. (2.2) define uma função triangular:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x \leq b \\ \frac{(x-c)}{(b-c)}, & b < x < c \\ 0, & x \geq c \end{cases} \quad (2.2)$$

De acordo com JAIN e SHARMA (2020), a Eq. (2.3) caracteriza uma função trapezoidal:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a < x \leq b \\ \frac{(d-x)}{(d-c)}, & b < x < c \\ 0, & c \leq x \leq d \\ 0, & x \geq d \end{cases} \quad (2.3)$$

A primeira vez que o modelo *fuzzy* foi aplicado data de 1975, trabalho publicado por Mamdani e Assilian, já em 1983, Takagi e Sugeno propõem um modelo minimizado do modelo de inferência *fuzzy* (FRANÇA, 2015). A principal diferença entre eles é que o modelo Mamdani modifica as variáveis de entrada em conjuntos difusos na variável de saída, já o modelo Takagi-Sugeno faz um processamento dos dados imputados nas variáveis de entrada em conjunto com as regras, assim inferindo contribuições que são expostas na variável de saída (ANDRADE e JACQUES, 2008).

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - MATERIAIS

O material utilizado para o desenvolvimento deste trabalho foi o software de modelagem denominado *Matlab*®.

A técnica usada no software foi a Lógica *Fuzzy*, que neste estudo de caso busca ter como resposta o nível de produção e conseqüentemente a razoabilidade do estoque. Tal técnica de IA foi escolhida por ser a mais indicada para uma melhor tomada de decisão.

3.1.1 - Caracterização da empresa

A empresa pela qual foi objeto de estudo de caso, localiza-se em Manaus. Trabalha com produtos de fito cosméticos a pesar de seu pequeno porte tem-se uma alta volubilidades de produtos, desde medicamentos fitocosméticos para uso contínuo como também produtos de beleza como perfumes e sabonetes.

É importante ressaltar que muitos de seus produtos têm uma alta durabilidade e seu período mínimo de vencimento é acima de um ano, fazendo com que a empresa tenha um tempo razoável para comercializar seus produtos, tornando em lucro para a empresa.

Uma problemática é o espaço para armazenagem de alguns produtos específicos, como o Álcool e Ice Gel, devido o volume e a quantidade produzida para atender seus clientes, pois estes dois produtos ocupam a maior parte do estoque, fazendo com que os outros produtos fiquem com um espaço reduzido, fazendo com que o gestor tenha dificuldade de encontrar os produtos posteriormente.

Para esses dois produtos citados anteriormente, notou-se por meio de relatos feitos por alguns funcionários, a alta rotatividade desses produtos vendidos por semana é preferível produzir uma quantidade maior para o mês. Vale ressaltar que o processo que acontece atualmente na empresa de tomadas de decisão em relação a produção dos produtos é realizado por um gestor de produção juntamente com o de estoque, um ponto a ser evidenciado é que as tomadas de decisão são realizadas de modo subjetivo, com base em relatórios de ordem de serviço anteriores.

Na Figura 3.1 é mostrado o fluxo do processo da empresa que foi objeto de estudo.

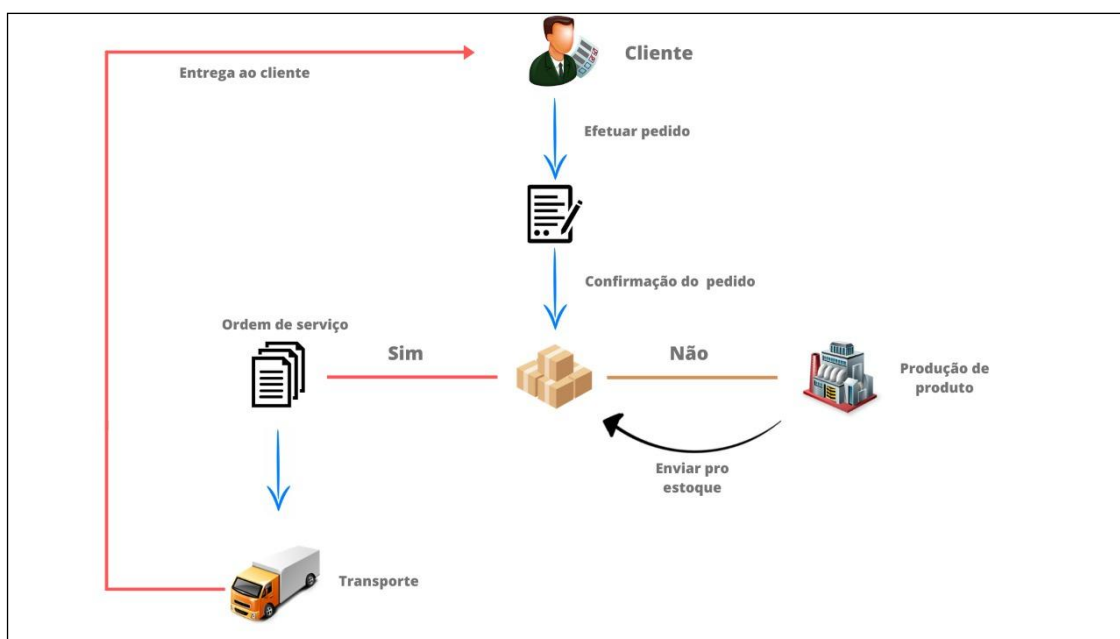


Figura 3.1 - Processo da empresa.

O processo da empresa funciona através relacionamento com seus clientes, onde a mesma presa pela qualidade de seus produtos e um melhor custo benefícios para seus consumidores. A metodologia é aplicada através de pedidos feitos pelas redes on-line, diretamente com a parte administrativa de vendas, onde elas anotam os pedidos pré-estabelecido, a mesma consulta seu nível de estoque para dá o mais rápido possível feedback para seu cliente o mesmo faz a confirmação de seus pedidos. Após a confirmação do pedido o estoque faz a embalagem dos produtos contidas nas Ordem de Serviços, enviando para o transporte, até chegar aos seus clientes.

Um outro ponto a ser mencionado neste fluxograma apresentado acima, é que ocorrendo uma situação extraordinária, de um cliente solicitar um pedido de grande porte. A empresa irá fazer o procedimento mencionado no parágrafo acima, não tendo a quantidade em seu estoque, devido ter feito várias vendas. A produção fica aguardando a confirmação do setor Administrativo para iniciar o a produção de novos produtos para atender a demanda solicitada e já fazer a reposição de seus estoques, que dependendo dos dias da semana, ou até mesmo ficar com produtos em seu ponto de equilíbrio.

3.1.2 - Modelo do sistema de inferência fuzzy

Na Figura 3.2 pode-se visualizar o modelo *Fuzzy* especificado, contendo quatro variáveis de entrada e uma de saída, no qual foram aplicadas 108 regras. As variáveis foram escolhidas conforme os dados coletados na empresa. As variáveis de entrada são denominadas da seguinte forma:

- *Estado Estoque*: Refere-se ao nível de estoque armazenado.
- *Tempo Em Estoque*: Variável responsável por indicar o tempo que o produto está em estoque.
- *Venda*: Variável que mostra a quantidade de produtos vendido na semana.
- *Pedido*: Indica a quantidade de pedidos feitos pelos clientes a empresa.

A variável de saída nomeada de produção indica a quantidade de produtos a serem produzidos/fabricados pela empresa.

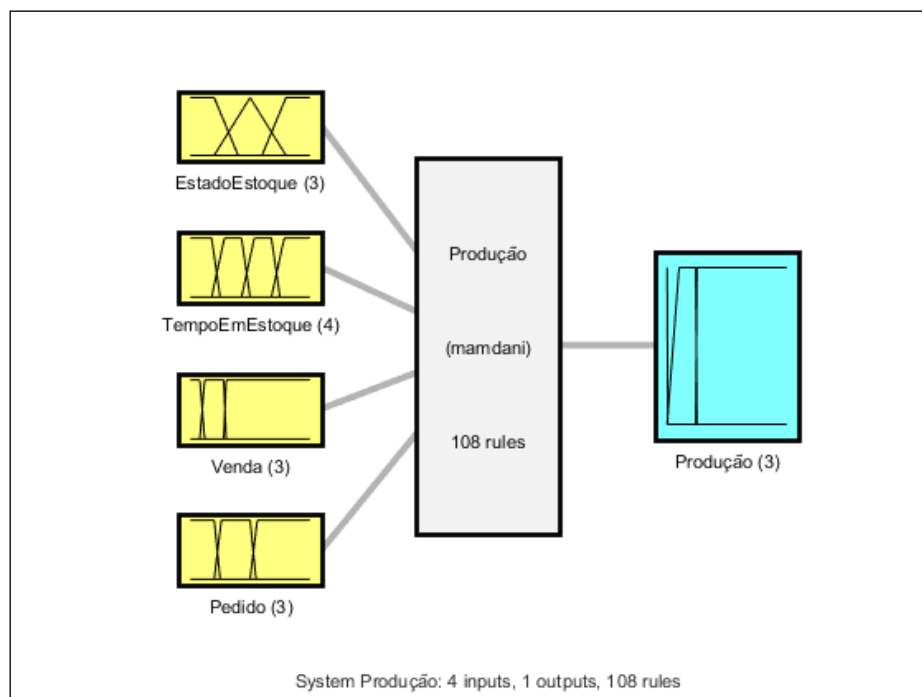


Figura 3.2 - Modelo do sistema *fuzzy*.

O modelo apresentado na Figura 2.3 foi desenvolvido no software *Matlab*® em sua versão de 2016.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados a seguir demonstram o resultado final da modelagem *fuzzy* bem como os detalhes, juntamente com a simulação dividida em duas etapas, a primeira com dados aleatórios e a segunda com dados reais.

4.1 - VARIÁVEIS DE ENTRADA

Na Figura 4.1 é apresentado a variável *Estado Estoque*, responsável pelo nível de estoque armazenado, sua unidade de medida é tratada em porcentagem, indo de 0 a 100%, sendo classificada em três níveis de inferência, sendo eles:

mínimo: Este nível vai de 0 a 20% em estabilidade e a partir desta porcentagem a pertinência cai de 1 para 0 gradativamente, atingindo o marco 0 de pertinência no momento exato que alcança a porcentagem de 40%. Logo a extensão total deste nível de inferência é de 40 unidades (porcentagem). O nível de inferência *mínimo* está relacionado a porcentagem mínima que o estoque deve conter de produtos, fazendo referência ao estoque mínimo da empresa.

Este nível é formado por uma função trapezoidal, logo possui quatro valores para os seus 4 pontos, sendo eles (0, 0, 20, 40).

mediano: O nível de inferência denominado *mediano* está limitado ao range de 20 a 80% como um todo, que consiste em uma função triangular, possuindo 3 pontos (20, 50, 80), no qual o ponto 50 é o ponto médio do triângulo, como também da variável *Estado Estoque*.

máximo: Este nível possui quatro pontos, logo é uma função trapezoidal, seus pontos são delimitados nos seguintes valores (60, 80, 100, 100). O grau de pertinência neste nível vai de 60 a 80% em uma crescente, ao chegar em 80% a pertinência se mantém estável até o final (100%).

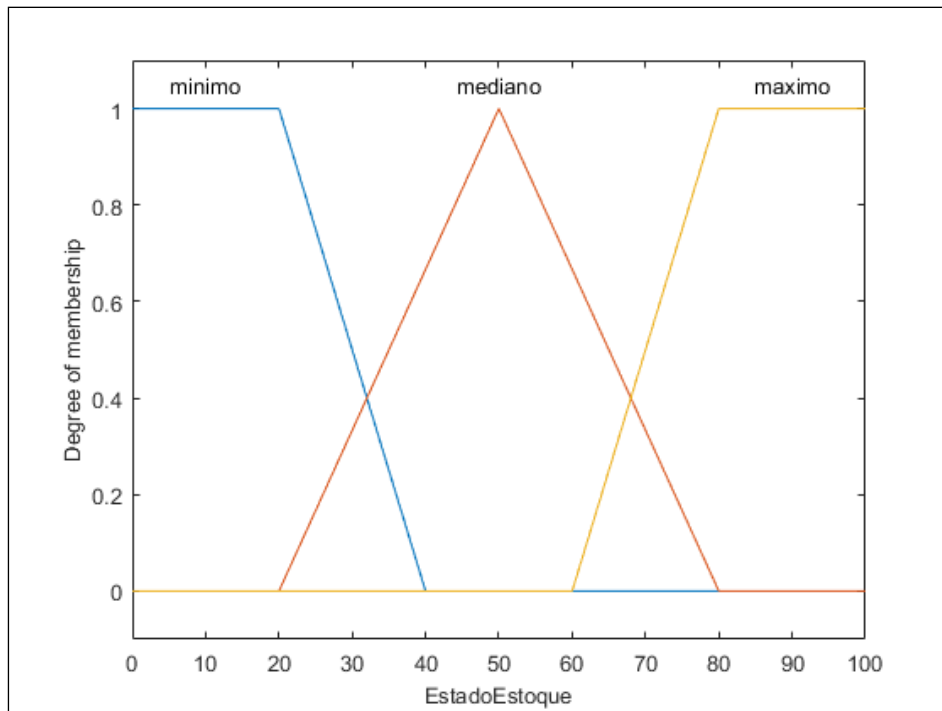


Figura 4.1 - Variável de entrada *Estado Estoque*.

Na Figura 4.2 é mostrado a variável de entrada *Tempo Em Estoque* que é responsável por mostrar em quantidade de dias o tempo que o produto está em armazenagem no estoque. Esta variável é dividida em 4 níveis de inferência em intervalos de 7 dias (semanal), sendo eles:

Semana1: Este nível é caracterizado por uma função trapezoidal tendo seus pontos fixos em (0, 0, 5, 7), no qual do ponto 0 ao ponto 5 o grau de pertinência se mantém no máximo e a partir do ponto 5 o grau de pertinência cai até atingir o ponto 7, que indica um nível de pertinência nula.

Semana2: No nível *semana2* é constituído também por uma função trapezoidal com os seguintes pontos indicados (5, 8, 10, 14), no qual do ponto 5 ao ponto 8 o nível de pertinência cresce de 0 ao seu máximo que é 1, no range de 8 a 10 a pertinência se mantém no máximo, e de 10 ao ponto 14 ela cai para zero.

Semana3: Neste nível de inferência é notado que os pontos da função trapezoidal são (12, 15, 19, 21), dos pontos 12 ao 15 segue uma elevação de pertinência, enquanto que de 15 ao ponto 19 a pertinência se mantém constante, do ponto 19 a 21 há uma queda de pertinência, descendo do nível máximo de pertinência do sistema *fuzzy* e chegando ao nível mínimo do mesmo.

Semana4: Nível de pertinência formado pelos 4 pontos (18, 22, 28, 28) da função trapezoidal. Este nível segue o mesmo modelo dos outros níveis de pertinência. Com uma

elevação de pertinência do primeiro ao segundo ponto e mante-se constante do segundo ao terceiro ponto.

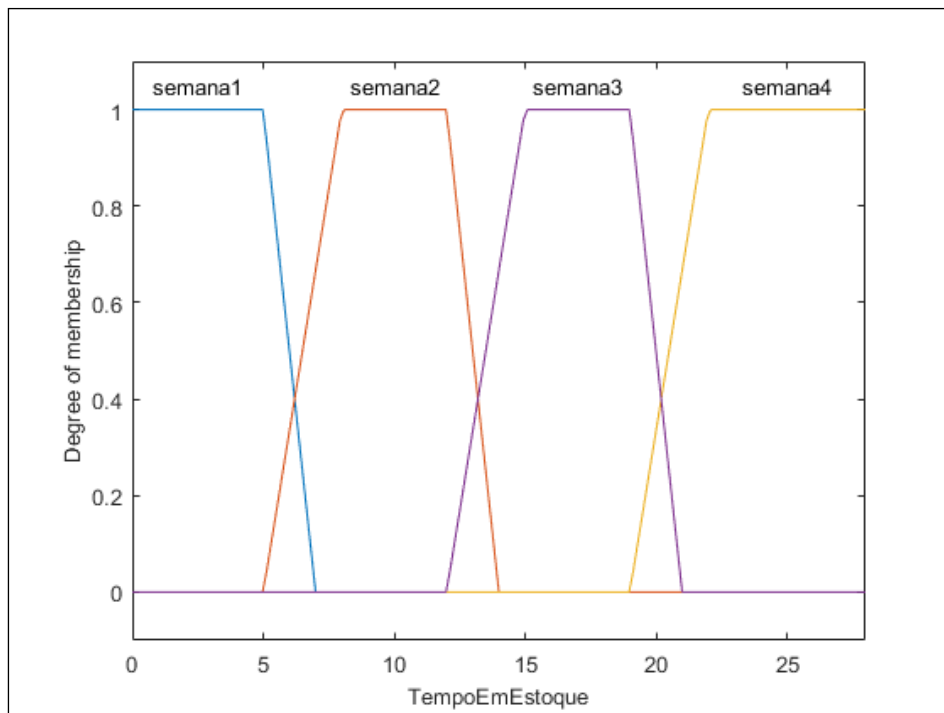


Figura 4.2 - Variável de entrada *Tempo Em Estoque*.

A Figura 4.3 apresenta a variável de entrada denominada de *Venda*, esta variável é responsável por indicar a quantidade de produtos vendidos num intervalo de uma semana. Tal variável está segmentada em 3 níveis de inferência, nomeados da seguinte forma:

Ruim: Nível de inferência que indica o quão ruim estão as vendas em determinada semana, seus valores da função trapezoidal são constituídos pelo seguinte segmento (0, 0, 2000, 3000). O grau de pertinência reduz gradativamente do ponto 2000 ao 3000, sendo o último ponto tendo grau zero (falso).

Bom: Neste nível de inferência é formado por uma função trapezoidal com os pontos indicados pelo seguimento (2000, 3001, 7000, 7500), onde o seguimento dos pontos 2000 ao 3001 tem um grau de pertinência sendo elevado gradativamente até atingir seu nível máximo (Nível de pertinência igual a 1), do ponto 3001 ao 7000 a pertinência segue estável em seu nível máximo e a partir do ponto 7000 o grau de pertinência cai.

Ótimo: Esta inferência do tipo trapezoidal tem sua origem no ponto 7000 e seu grau de pertinência se eleva ao ponto 7501, mantendo-se sem alterações até o ponto 25000. Seu range total vai de 7000 a 25000.

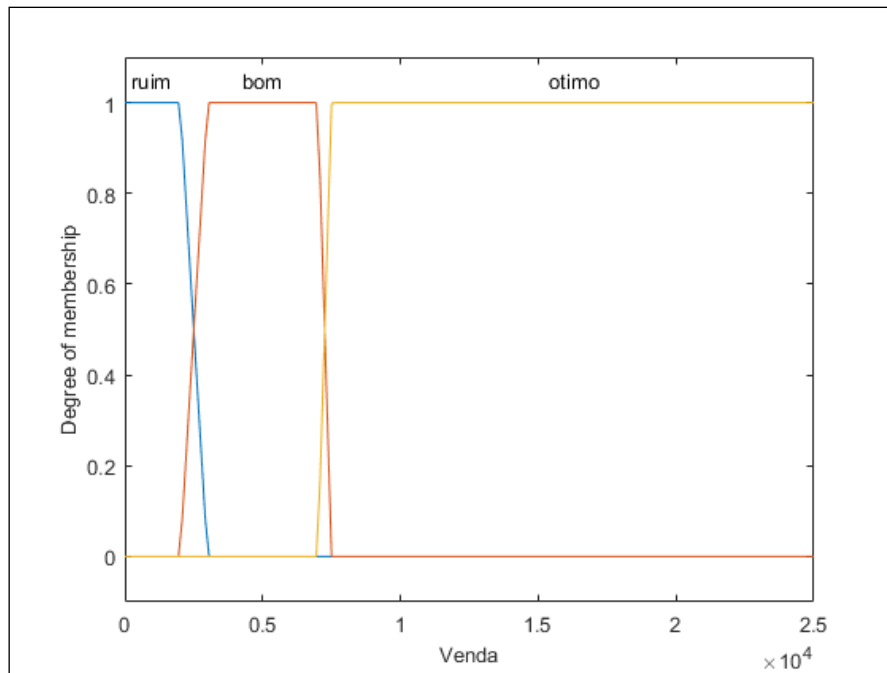


Figura 4.3 - Variável de entrada *Venda*.

Na Figura 4.4 é exibido a variável de entrada nomeada de *Pedido*, esta variável representa a quantidade de pedidos feitos pelos clientes da empresa e contém 3 níveis de inferência, sendo eles:

Pouco: Este nível de inferência é formado por uma função trapezoidal e seus pontos são constituídos pelos seguinte valores (0, 0, 20, 25), de 0 a 20 pedidos o grau de pertinência permanece em 1 (máxima pertinência) e de 20 pedidos até 25 o grau de pertinência cai até seu marco 0 (mínima pertinência).

Razoável: Inferência que corresponde aos pontos (20, 25, 50, 55) da função trapezoidal, do ponto 20 ao ponto 25 a uma inclinação de elevação, os pontos de 25 a 50 não sofrem alterações, se mantendo com um nível de pertinência em 1 (máxima pertinência), os pontos no intervalo de 50 a 55 seguem um tendência de queda, sendo o ponto 55 o marco em que o grau de pertinência chega o seu mínimo.

Muito: Este nível corresponde ao intervalo de 50 a 100 e também é uma função trapezoidal, seus seguimentos de pontos encontram-se nos valores (50, 55, 100, 100) contendo uma ascensão de pertinência do ponto 50 ao 55, enquanto que no range dos pontos 55 e 100 a pertinência não oscila.

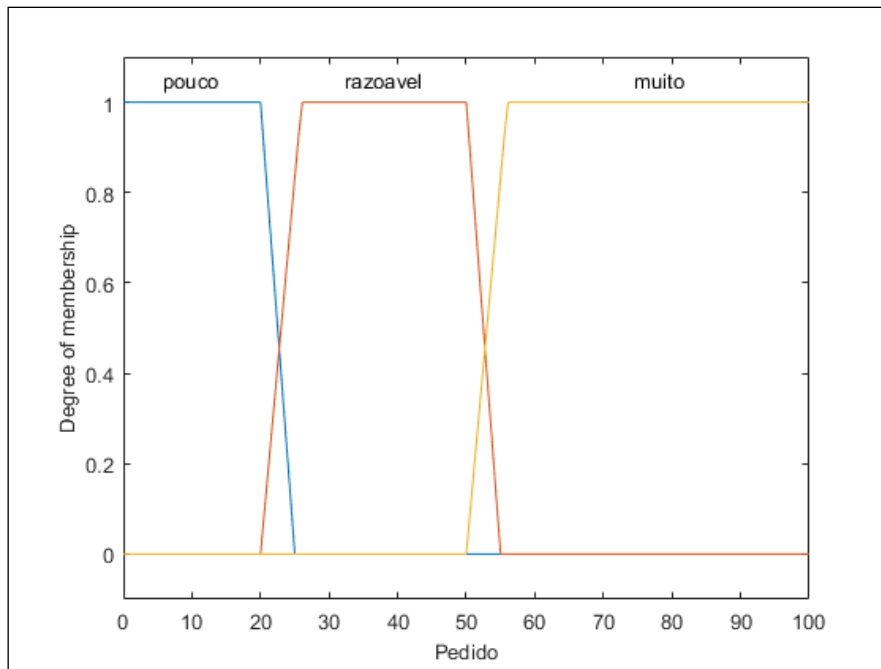


Figura 4.4 - Variável de entrada *Pedido*.

4.2 - VARIÁVEL DE SAÍDA

A Figura 4.5 apresenta a variável de saída denominada *Produção*, esta variável é a responsável por indicar a resposta que o sistema dá para uma melhor tomada de decisão. Ela indica o se há a necessidade de produzir ou não, e sua intensidade, a resposta pode está classificada em 3 níveis, sendo eles:

Não produzir: Este nível de inferência indica que não há a necessidade de produzir mais produtos, seu seguimento dos pontos da função trapezoidal é (0, 0, 0, 0).

Produção Mínima: A produção mínima é realizada para abastecer o estoque até o ponto médio de estoque. A função matemática que constitui este nível de inferência é a função trapezoidal com os seguintes valores em seus 4 pontos (1, 5000, 12000, 12500), tendo uma elevação no grau de pertinência do ponto 1 ao ponto 5000, do ponto 5000 ao 12000 a pertinência se mantém sem alterações, já o intervalo entre os pontos 12000 e 12500 tem uma queda que vai do grau de pertinência 1 ao 0.

Produção Máxima: Nível responsável por informar o nível de produção a ser feita, assim este nível representa o nível máximo de produção. A função utilizada para a concepção deste nível de inferência foi a trapezoidal com os seguintes pontos (12000, 12500, 50000, 50000). Os pontos que se seguem entre o intervalo 12000 e 12500 se elevam ao máximo de pertinência, já os intervalos de 12500 a 50000 não sofrem oscilações em seus valores.

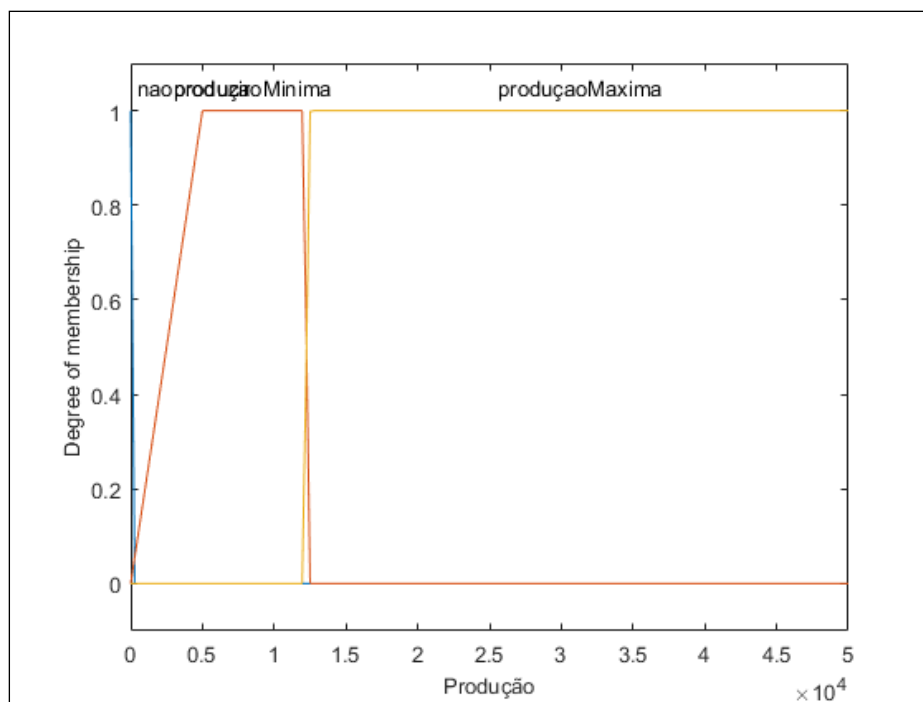


Figura 4.5 - Variável de saída *Produção*.

4.3 - REGRAS DO SISTEMA

As regras do sistema modelado são mostradas na Tabela 4.1 que contém ao todo 108 regras, envolvendo todas as possibilidades.

Tabela 4.1 - Regras do sistema *fuzzy*.

Regras	Variáveis de entrada				Variável de Saída
	Estado Estoque	Tempo Em Estoque	Venda	Pedido	Produção
1	Mínimo	Semana1	Ruim	Pouco	Produção Mínima
2	Mínimo	Semana2	Ruim	Pouco	Produção Mínima
3	Mínimo	Semana3	Ruim	Pouco	Produção Mínima
4	Mínimo	Semana4	Ruim	Pouco	Produção Mínima
5	Mínimo	Semana1	Bom	Pouco	Produção Máxima
6	Mínimo	Semana2	Bom	Pouco	Produção Máxima
7	Mínimo	Semana3	Bom	Pouco	Produção Máxima
8	Mínimo	Semana4	Bom	Pouco	Produção Máxima
9	Mínimo	Semana1	Ótimo	Pouco	Produção Máxima

Regras	Variáveis de entrada				Variável de Saída
	Estado Estoque	Tempo Em Estoque	Venda	Pedido	Produção
10	Minimo	Semana2	Ótimo	Pouco	Produção Máxima
11	Minimo	Semana3	Ótimo	Pouco	Produção Máxima
12	Minimo	Semana4	Ótimo	Pouco	Produção Máxima
13	Minimo	Semana1	Ruim	Razoável	Produção Mínima
14	Minimo	Semana2	Ruim	Razoável	Produção Mínima
15	Minimo	Semana3	Ruim	Razoável	Produção Mínima
16	Minimo	Semana4	Ruim	Razoável	Produção Mínima
17	Minimo	Semana1	Bom	Razoável	Produção Máxima
18	Minimo	Semana2	Bom	Razoável	Produção Máxima
19	Minimo	Semana3	Bom	Razoável	Produção Máxima
20	Minimo	Semana4	Bom	Razoável	Produção Máxima
21	Minimo	Semana1	Ótimo	Razoável	Produção Máxima
22	Minimo	Semana2	Ótimo	Razoável	Produção Máxima
23	Minimo	Semana3	Ótimo	Razoável	Produção Máxima
24	Minimo	Semana4	Ótimo	Razoável	Produção Máxima
25	Minimo	Semana1	Ruim	Muito	Produção Mínima
26	Minimo	Semana2	Ruim	Muito	Produção Mínima
27	Minimo	Semana3	Ruim	Muito	Produção Mínima
28	Minimo	Semana4	Ruim	Muito	Produção mínima
29	Minimo	Semana1	Bom	Muito	Produção Máxima
30	Minimo	Semana2	Bom	Muito	Produção Máxima
31	Minimo	Semana3	Bom	Muito	Produção Máxima
32	Minimo	Semana4	Bom	Muito	Produção Máxima
33	Minimo	Semana1	Ótimo	Muito	Produção Máxima
34	Minimo	Semana2	Ótimo	Muito	Produção Máxima
35	Minimo	Semana3	Ótimo	Muito	Produção Máxima
36	Minimo	Semana4	Ótimo	Muito	Produção Máxima
37	Mediano	Semana1	Ruim	Pouco	Não Produzir
38	Mediano	Semana2	Ruim	Pouco	Não Produzir
39	Mediano	Semana3	Ruim	Pouco	Não Produzir

Regras	Variáveis de entrada				Variável de Saída
	Estado Estoque	Tempo Em Estoque	Venda	Pedido	Produção
40	Mediano	Semana4	Ruim	Pouco	Não Produzir
41	Mediano	Semana1	Bom	Pouco	Produção Mínima
42	Mediano	Semana2	Bom	Pouco	Produção Mínima
43	Mediano	Semana3	Bom	Pouco	Produção Mínima
44	Mediano	Semana4	Bom	Pouco	Produção Mínima
45	Mediano	Semana1	Ótimo	Pouco	Produção mínima
46	Mediano	Semana2	Ótimo	Pouco	Produção Mínima
47	Mediano	Semana3	Ótimo	Pouco	Produção Mínima
48	Mediano	Semana4	Ótimo	Pouco	Produção Mínima
49	Mediano	Semana1	Ruim	Razoável	Não Produzir
50	Mediano	Semana2	Ruim	Razoável	Não Produzir
51	Mediano	Semana3	Ruim	Razoável	Não Produzir
52	Mediano	Semana4	Ruim	Razoável	Não Produzir
53	Mediano	Semana1	Bom	Razoável	Produção Mínima
54	Mediano	Semana2	Bom	Razoável	Produção Mínima
55	Mediano	Semana3	Bom	Razoável	Produção Mínima
56	Mediano	Semana4	Bom	Razoável	Produção Mínima
57	Mediano	Semana1	Ótimo	Razoável	Produção Mínima
58	Mediano	Semana2	Ótimo	Razoável	Produção Mínima
59	Mediano	Semana3	Ótimo	Razoável	Produção Mínima
60	Mediano	Semana4	Ótimo	Razoável	Produção Mínima
61	Mediano	Semana1	Ruim	Muito	Não Produzir
62	Mediano	Semana2	Ruim	Muito	Não Produzir
63	Mediano	Semana3	Ruim	Muito	Não Produzir
64	Mediano	Semana4	Ruim	Muito	Não Produzir
65	Mediano	Semana1	Bom	Muito	Produção Mínima
66	Mediano	Semana2	Bom	Muito	Produção Mínima
67	Mediano	Semana3	Bom	Muito	Produção Mínima
68	Mediano	Semana4	Bom	Muito	Produção Mínima
69	Mediano	Semana1	Ótimo	Muito	Produção Máxima

Regras	Variáveis de entrada				Variável de Saída
	Estado Estoque	Tempo Em Estoque	Venda	Pedido	Produção
70	Mediano	Semana2	Ótimo	Muito	Produção Máxima
71	Mediano	Semana3	Ótimo	Muito	Produção Máxima
72	Mediano	Semana4	Ótimo	Muito	Produção Máxima
73	Máximo	Semana1	Ruim	Pouco	Não Produzir
74	Máximo	Semana2	Ruim	Pouco	Não Produzir
75	Máximo	Semana3	Ruim	Pouco	Não Produzir
76	Máximo	Semana4	Ruim	Pouco	Não Produzir
77	Máximo	Semana1	Bom	Pouco	Não Produzir
78	Máximo	Semana2	Bom	Pouco	Não Produzir
79	Máximo	Semana3	Bom	Pouco	Não Produzir
80	Máximo	Semana4	Bom	Pouco	Não Produzir
81	Máximo	Semana1	Ótimo	Pouco	Produção Mínima
82	Máximo	Semana2	Ótimo	Pouco	Produção Mínima
83	Máximo	Semana3	Ótimo	Pouco	Produção Mínima
84	Máximo	Semana4	Ótimo	Pouco	Produção Mínima
85	Máximo	Semana1	Ruim	Razoável	Não Produzir
86	Máximo	Semana2	Ruim	Razoável	Não Produzir
87	Máximo	Semana3	Ruim	Razoável	Não Produzir
88	Máximo	Semana4	Ruim	Razoável	Não Produzir
89	Máximo	Semana1	Bom	Razoável	Produção Mínima
90	Máximo	Semana2	Bom	Razoável	Produção Mínima
91	Máximo	Semana3	Bom	Razoável	Produção Mínima
92	Máximo	Semana4	Bom	Razoável	Produção Mínima
93	Máximo	Semana1	Ótimo	Razoável	Produção Mínima
94	Máximo	Semana2	Ótimo	Razoável	Produção Mínima
95	Máximo	Semana3	Ótimo	Razoável	Produção Mínima
96	Máximo	Semana4	Ótimo	Razoável	Produção Mínima
97	Máximo	Semana1	Ruim	Muito	Não Produzir
98	Máximo	Semana2	Ruim	Muito	Não Produzir
99	Máximo	Semana3	Ruim	Muito	Não Produzir

Regras	Variáveis de entrada				Variável de Saída
	Estado Estoque	Tempo Em Estoque	Venda	Pedido	Produção
100	Máximo	Semana4	Ruim	Muito	Não Produzir
101	Máximo	Semana1	Bom	Muito	Produção Mínima
102	Máximo	Semana2	Bom	Muito	Produção Mínima
103	Máximo	Semana3	Bom	Muito	Produção Mínima
104	Máximo	Semana4	Bom	Muito	Produção Mínima
105	Máximo	Semana1	Ótimo	Muito	Produção Máxima
106	Máximo	Semana2	Ótimo	Muito	Produção Máxima
107	Máximo	Semana3	Ótimo	Muito	Produção Máxima
108	Máximo	Semana4	Ótimo	Muito	Produção Máxima

As regras foram feitas por um especialista juntamente com funcionários da empresa, a fim da modelagem ser o mais eficiente possível para o caso estudado.

4.4 - GRÁFICO DE SUPERFÍCIE

O gráfico de superfície mostrado na Figura 4.6 demonstra de forma gráfica e em três dimensões o comportamento das variáveis de entrada mais influentes na variável de saída que é a *Produção*. Observando a Figura 4.6 é possível notar que o quadrante formado pelos pontos (43 a 100) da variável *Estado Estoque* e os pontos (50 a 100) da variável de entrada *Pedido* possui uma variante baixa em relação ao sistema, isso indica que os valores combinados dessas duas variáveis de entrada se tiverem valores imputados neste quadrante impactarão numa baixa ou até mesmo numa produção nula. Outro tópico importante a ser destacado no gráfico é a variável *Pedido* tem um impacto maior que a variável *Estado Estoque*, isso pode ser detectado pela grande elevação no grau de pertinência que há a partir do ponto 50 da variável *Pedido*.

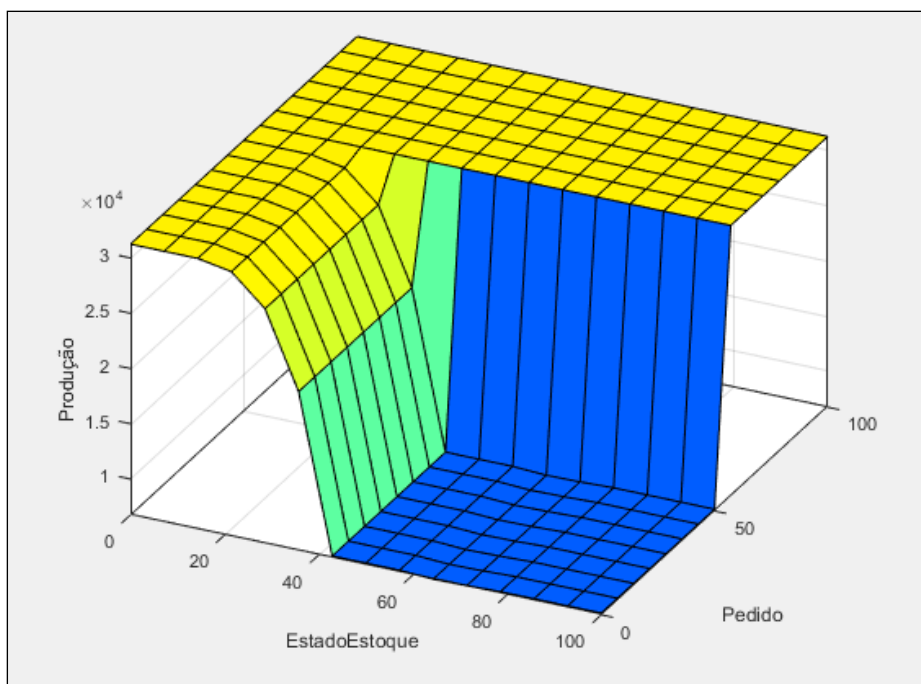


Figura 4.6 - Gráfico de superfície 3D.

4.5 - SIMULAÇÃO

A Tabela 4.2 apresenta o resultado da simulação feita com dados aleatórios, divididos em níveis de inferência linguísticos e valores. Os dados foram feitos com dados aleatórios para demonstrar o comportamento do sistema com um cenário hipotético.

Tabela 4.2 - Simulação com dados aleatórios.

Termos	Estado Estoque	Tempo Em Estoque	Venda	Pedido	Produção
Linguística	minimo	semana4	ruim	pouco	Produção Mínima
Valor	15 (%)	24 (dias)	1500 (produtos)	15 (cliente)	7270 (produtos)
Linguística	mediano	semana2	ruim	pouco	Produção Mínima
Valor	45 (%)	10 (dias)	3000 (produtos)	10 (cliente)	7100 (produtos)
Linguística	Máximo	semana1	Ótimo	muito	Produção Máxima
Valor	90 (%)	3 (dias)	15000 (produtos)	80 (cliente)	31300 (produtos)

A simulação com os dados reais é feita e seus resultados são mostrados na Tabela 4.3, no qual apresenta respostas linguísticas como também respostas em valores. O

resultado final da simulação feita obteve-se que a produção deveria fabricar por volta de 7270 produtos, para que assim o estoque chegasse a um nível ótimo.

Tabela 4.3 - Simulação com dados reais.

Termos	Estado Estoque	Tempo Em Estoque	Venda	Pedido	Produção
Linguística	Máximo	semanal	Ótimo	Razoável	Produção Mínima
Valor	87 (%)	4 (dias)	16490 (produtos)	31 (cliente)	7270 (produtos)

Com este resultado é possível inferir que o sistema desenvolvido pode ajudar na toma da decisão em relação a produção de produtos na semana, pois o sistema indica com base na modelagem feita por especialistas um valor numérico representado em unidades de quantidade de produtos a serem fabricados e posteriormente armazenado no estoque, levando em consideração a venda, a quantidade de pedidos realizados pelos clientes, nível e tempo de produtos no estoque.

O cenário atual existe a problemática do controle ser mais manual e isso implica em uma demora na tomada de decisões em relação a produção e armazenagem em estoque, visando minimizar esta problemática o sistema foi desenvolvido para ajudar agilizar essa tomada de decisão. Assim com o resultado obtido pela simulação (7270 produtos) com os dados reais, é possível verificar que a tomada de decisão para este cenário seria a mais ideal, e isso traria benefícios para a empresa, bem como a minimização de custos de estocagem e produção semanal além do necessário.

Com a implantação desse sistema a tomada de decisão torna-se mais dinâmica, pois o gestor do estoque tem a possibilidade de garantir a rotatividade das mercadorias sinalizando em qual momento seria ideal para uma tomada de decisão e quantidade de produtos a ser produzida.

Outro ponto a ser abordado, a partir do momento em que houver um pedido extraordinário além da quantidade padrão produzida o gestor do estoque sinalizará para a produção sua capacidade atual no estoque, assim atenderia a demanda solicitada sem haver uma ruptura de produção, pois com a metodologia *fuzzy* aplicada seria possível saber em que momento e quanto produzir de forma inteligente.

Com a aplicação da metodologia proposta ter-se-ia a possibilidade de uma organização melhor no espaço de estoque, já que se sabendo a quantidade a ser produzida em determinada semana o fluxo de entrada e de saída do estoque seria mais previsível,

trazendo para a empresa uma percepção apurada do seu controle de estoque, evitando assim perdas de produtos no manuseio.

Como se trata de uma empresa de pequeno porte, a rotatividade de funcionários é um problema pré-existente que implica em custo para a empresa, pois se o atual funcionário é desligado faz-se necessário contratar um novo profissional, no qual deverá ser treinado para exercer a função e ter o conhecimento do anterior. Com esta metodologia fica mais ágil o treinamento, principalmente em relação a tomada de decisão que já está imputada no sistema *fuzzy*.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

5.1 - CONCLUSÕES

Para atingir o objetivo almejado, foram realizados pequenos objetivos específicos, entre eles identificar o processo de estoque na empresa objeto de estudo, no qual foi realizado visitas em lócus, para tomar conhecimento de como era realizado as atividades da empresa.

Obteve-se com a análise do processo de estoque que existe uma problemática em relação ao tempo excessivo de alguns produtos nas prateleiras do estoque, com isso a empresa decidiu deixar o estoque abaixo do mínimo, assim conforme a solicitação de pedidos a mesma iria produzir os produtos para venda, gerando um custo extra, pois não havia um controle computacional que entregasse uma acertabilidade maior na quantidade de elementos no estoque.

Tendo a problemática bem definida, foi feito uma modelagem no *software Matlab®*, a fim de melhora a tomada de decisão tanto na produção quanto na quantidade de produtos estocados. Para a simulação da modelagem utilizou-se de dados históricos da empresa, testando a confiabilidade do sistema de inferência de logica *fuzzy*.

Tendo analisado as circunstâncias das atividades realizadas, foi feito a modelagem da lógica *fuzzy* com base em seis meses de dados colhidos da empresa, no qual foi possível validar que a modelagem se implementada na empresa terá uma melhoria na tomada de decisão já que o produtor não precisará mais trabalhar por solicitação de pedidos, e terá uma reserva satisfatória no estoque.

É válido ressaltar que não foi desenvolvido nenhum *software* para ser aplicado na empresa de estudo, o trabalho realizado foi baseado na construção do algoritmo via *software Matlab®* utilizando a técnica de inteligência artificial conhecida como Lógica *Fuzzy*. Conclui-se a metodologia conseguiu atingir os objetivos estabelecidos, indicando por meio da lógica *fuzzy* uma melhor tomada de decisão na produção de produtos e consequentemente um melhor remanejo dos produtos em estoque.

5.2 - TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros tem-se os tópicos abaixo:

- O desenvolvimento de um algoritmo híbrido com duas técnicas de IA sendo elas Lógica *Fuzzy* e Redes Neurais Artificiais;
- Explorar o desenvolvimento de um software com o algoritmo desenvolvido;
- Desenvolver um algoritmo mais generalizado, capaz de auxiliar na tomada de decisão tanto para produção quanto para venda;
- Implementar mais produtos com variável de entrada no algoritmo;
- Desenvolver metodologias ou/e algoritmos híbridos que englobe o planejamento da produção e da cadeia de distribuição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOABDO, S.; ALDHOIENA, A.; AL-AMRIB, H. Implementing Enterprise Resource Planning ERP System in a Large Construction Company in KSA. **Procedia Computer Science**, v. 164, p. 463-470, 2019.

AIRES, C. S. F.; ALMEIDA, G. J.; SILVEIRA, S. O. Inteligência Artificial na Gestão de Estoque. **Fateclog**, v. 1, p. 1-7, 2019.

ALAKAN, A., et al. On the Optimality of Inventory and Shipment Decisions in a Joint Three Echelon Inventory Model with Finite Production Rate under Stock Dependent Demand. **Procedia Manufacturing**, 2019, 30: 490-497.

ALMEIDA, C. A. et al. Aplicação de ferramentas de gestão de estoque em uma empresa de comunicação visual. **Revista H-TEC Humanidades e Tecnologia**, v. 1, n. 2, p. 29-46, 2017.

ANDRADE, M.; JAQUES, M. A. P. Estudo comparativo de controladores de Mamdani e Sugeno para controle de tráfego em interseções isoladas. **Transportes**, v. 16, n. 2, 2008.

BAGATTINI, G. V.; MARTINS, F. G.; DA SILVA JACINTO, A. Desenvolvimento de aplicativo para auxílio no controle de estoque de embalagens em uma empresa de tecnologia. **CIMATech**, v. 1, n. 6, p. 195-204, 2019.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/logística empresarial**. tradução Raul Rubenich.-. 2006.

BERTAGLIA, P. **Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento**. São Paulo, 2003.

BOISSIERE, J.; FREIN, Y.; RAPINE, C. Optimal stationary policies in a 3-stage serial production-distribution logistic chain facing constant and continuous demand. **European journal of operational research**, 2008, 186.2: 608-619.

BORGES, T. C.; CAMPOS, M. S.; BORGES, E. C. **Implantação de um sistema para o controle de estoques em uma gráfica**. Editora de uma universidade. 2010.

BRAIDO, G. M.; MARTENS, C. D. P. Gestão de estoques em uma pequena empresa varejista de autopeças: proposição de um controle computadorizado de estoques. **Revista Acadêmica São Marcos**, 2013, 3.1: 103.

BRUNO, F. da S. A primeira revolução social da indústria e o princípio da conectividade contínua. **Parcerias Estratégicas**, v. 24, n. 48, p. 57-80, 2020.

CHAN, A. T.; NGAI, E. W.; MOON, K. K. The effects of strategic and manufacturing flexibilities and supply chain agility on firm performance in the fashion industry. **European Journal of Operational Research**, v.259, n.2, p. 486-499, 2016.

CHIAVENATO, I. **Administração de materiais: uma abordagem introdutória**. Rio de Janeiro: Elsevier editora LTDA, 2005. 174 p.

CHING, H. Y.; **Gestão de estoques na cadeia de logística integrada - Supply Chain**. Atlas. São Paulo, 1999.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gestão da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação**. 6ª ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

CLARINDO, J. G.; CAMPOS, F. R. N.; ARAUJO, M. da S. Estoque para varejo: estudo de caso em uma empresa do ramo farmacêutico do norte do estado do espírito santo. **Brazilian Journal of Production Engineering-BJPE**, v. 4, n. 1, p. 50-65, 2018.

COUTINHO, L. **A 4a revolução industrial: criativa ou disruptiva para o Brasil?**. Princípios, n. 150, 2017.

DA SILVA, J. A. S.; MAIRINK, C. H. P. Inteligência artificial. **LIBERTAS: Revista de Ciências Sociais Aplicadas**, v. 9, n. 2, p. 64-85, 2019.

DANDARO, F.; MARTELLO, L. L. Planejamento e controle de estoque nas organizações. **Revista Gestão Industrial**, v. 11, n. 2, 2015.

DE AGUIAR, F. H. O. et al. Comportamento do consumidor frente à ruptura de estoque de uma empresa varejista. **South American Development Society Journal**, v. 6, n. 16, p. 69, 2020.

DE ARAÚJO, S. A.; LIBRANTZ, A. F. H.; ALVES, W. A. L. Algoritmos genéticos na estimação de parâmetros em gestão de estoque. **Exacta**, v. 7, n. 1, p. 21-29, 2009.

DE CÁSSIA TOBIAS, C. et al. Implementação da Ferramenta MRP: Análise de uma Empresa Siderúrgica do Sul de Minas Gerais. **Revista de Ciências Gerenciais**, v. 22, n. 36, p. 164-167, 2018.

DE SOUZA, L. H.; DE ASSUNÇÃO, M. V. D.; SANTOS, L. G. Avaliação dos estoques obsoletos a partir da aplicação da curva ABC (de): um estudo de caso em uma autarquia municipal da região metropolitana de Natal/RN/Evaluation of obsolete stocks from the application of the ABC (de) curve: a case study in a municipal authority of the metropolitan region of Natal/RN. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 29251-29261, 2020.

DIAS, M. A. P. Administração de materiais. São Paulo: **Atlas**, 1999.

DIAS, M. A. P. Administração de materiais: princípios, conceitos e gestão. 6. ed. São Paulo: **Atlas**, 2009. 436 p.

FARHAT, J.; OWAYJAN, M. ERP Neural Network Inventory Control. **Procedia computer science**, 2017, 114: 288-295.

FAUSTINO, C. R. et al. Utilização do sistema de identificação por rádio frequência no gerenciamento de estoque no setor automotivo. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. e102973929-e102973929, 2020.

FIGUEIREDO, A. L. M. et al. Aplicação das ferramentas de gerenciamento e controle de estoque em uma distribuidora de autopeças. **South American Development Society Journal**, [S.l.], v. 5, n. 15, p. 135, fev. 2020.

FRANÇA, L. V. **Modelo de avaliação de impacto ambiental utilizando a teoria dos conjuntos fuzzy: um estudo de caso para a indústria automobilística**. 2015.

GAGNON, R. J; GHOSH, S. “Assembly Line Research: Historical Roots, Research Life Cycles and Future Directions”, **Omega**, Vol.19, N.5, pp.381-399, 1991.

GARCIA, E. et al. **Gestão de estoques: otimizando a logística e a cadeia de suprimentos**. Editora E-papers, 2006.

GESING, B.; PETERSON, S. J. E; MICHELSEN, D. 2018. **Artificial Intelligence in logistics**. Troisdorf: DHL Customer Solutions & Innovation, 2018.

GHOSH, S.; GAGNON, R. J. “A Comprehensive Literature Review and Analysis of the Design, Balancing and Scheduling of Assembly Systems”, **International Journal of Production Research**, Vol.27, N.4, pp.637-670, 1989.

GOEBEL, D. **Logística: otimização do transporte e estoques na empresa**. Estudos em Comércio Exterior, v. 1, n. 1, p. 1-45, 1996.

GONÇALVES, L. C. et al. Avaliação dos principais fatores que impactam à gestão e controle de estoque do segmento de produtos médicos. **Revista Eniac Pesquisa**, v. 8, n. 1, p. 119-138, 2019.

GRUBOR, A.; MILICEVIC, N.; DJOKIC, N. **The impact of store satisfaction on consumer responses in out-of-stock situations**. Review of Business Management, v. 19, n. 66, p. 520–537, 2017.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introduction to Operations Research**. 7TM ed. McGraw-Hill Inc. New York, 2001.

JACOBS, F. R. et al. Enterprise resource planning (ERP) - A brief history. **Journal of operations management**, v. 25, n. 2, p. 357-363, 2007.

JAIN, A.; SHARMA, A. Membership function formulation methods for fuzzy logic systems: A comprehensive review. **J. Crit. Rev.**, v. 7, n. 19, p. 8717-8733, 2020.

JAKONIS, M. V. et al. Estudo de caso para minimizar rupturas de gôndolas em um mercado de pequeno porte. **Revista UNINGÁ Review**, v. 32, n. 1, p. 125–136, 2017.

KAMBALIMATH, Shruti; DEKA, Paresh Chandra. A basic review of fuzzy logic applications in hydrology and water resources. **Applied Water Science**, v. 10, n. 8, p. 1-14, 2020.

LEE, C. Fuzzy logic in control systems: fuzzy logic controller. I. **IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics**, v. 20, n. 2, p. 404-418, 1990.

LEITE, B. C. C. et al. **Aplicação de métodos de previsão de demanda em uma empresa de sucata localizada em Maracanaú/CE**. 2020.

LUCAS, E. C.; QUEIROZ, S. A. B. Influência da Tecnologia da Informação no controle de estoques: estudo de caso. **Revista de Iniciação Científica da Libertas**, 2016, 4.1.

MATENDE, S.; OGAO, P. Enterprise resource planning (ERP) system implementation: a case for user participation. **Procedia Technology**, v. 9, p. 518-526, 2013.

MAZETTO, I. O. **Método Analytic Hierarchy Process (AHP) e classificação ABC na priorização de produtos importados para disponibilidade no estoque.** 2020.

MITTAL, K. et al. A comprehensive review on type 2 fuzzy logic applications: Past, present and future. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v. 95, p. 103916, 2020.

MOREIRA, A. F. M. **Assistência à autonomia no domicílio com integração de Automação e Inteligência Artificial.** 2017. PhD Thesis.

MOREIRA, C. M. et al. **Estratégias de reposição de estoques em supermercados: avaliação por meio de simulação.** 2001.

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações.** [S.l.]: Editora Saraiva, 2017.

MOURA, C. R.; BORGES, W. J.; KOHLRAUSCH, V. Otimização do processo de emissão de ordens de produção: um estudo de caso em uma indústria de confecção. **Gepros: Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 15, n. 1, p. 171, 2020.

NOGUEIRA, E. L.; NASCIMENTO, M. H. R. Inventory control applying sales demand prevision based on fuzzy inference system. **Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications (JETIA)**, v. 3, 2017.

PAGLIOSA, A. L. (2003). **Obtenção das funções de pertinência de um sistema neurofuzzy modificado pela rede de Kohonen.**

PEREIRA, L. C. et al. Aplicação da curva abc e seu efeito na acuracidade do estoque em uma empresa de revenda de kit de embreagem na região da zona da mata mineira: Application of the abc curve and its effect on stock accuracy in a clutch kit resale company in the mata mineira zone region. **Brazilian Journal of Production Engineering-BJPE**, p. 58-67, 2020.

PEREIRA, S.; MACHADO, C. P. Métodos de controle de estoques em uma empresa de materiais de construção no noroeste do Paraná. **Revista de Administração do UNIFATEA**, v. 14, n. 14, 2017.

PICK, V. L.; DIESEL, L.; SELBITTO, M. A. Influência dos sistemas de informação na gestão de estoques em pequenos e médios supermercados. **Revista Produção Online**, 2011, 11.2: 319-343.

POOLE, D. I.; GOEBEL, R. G.; MACKWORTH, A. K. **Computational intelligence**. New York: Oxford University Press, 1998.

POZO, H. **Administração de recursos materiais e patrimoniais: uma abordagem logística**. Editora Atlas SA, 2000.

POZO, H. **Administração de recursos materiais e patrimoniais: uma abordagem logística**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007. 210p.

PRAVEEN, U.; FARNAZ, G.; HATIM, G. Inventory management and cost reduction of supply chain processes using AI based time-series forecasting and ANN modeling. **Procedia Manufacturing**, 2019, 38: 256-263.

REGIS, T. K. O. Implementação da produção enxuta em operações Hospitalares: caso do instituto oncológico doutor Arnaldo Vieira de carvalho. **Revista Produção Online**. Florianópolis, SC, v. 18, n. 2, p. 593-619, 2018.

REZENDE, S. O. **Sistemas inteligentes: fundamentos e aplicações**. Editora Manole Ltda, 2003.

ROCHA, B. AUGUSTO B.; LIMA, F. R. de S.; WALDMAN, R. L. Mudanças no papel do indivíduo pós-revolução industrial e o mercado de trabalho na sociedade da informação. **Revista Pensamento Jurídico**, v. 14, n. 1, 2020.

RUSSEL, S.; NORVIG, P. **Inteligência Artificial**. [SI]. 2013.

SANTORO, M. C.; FREIRE, G. Análise comparativa entre modelos de estoque. **Production**, v. 18, n. 1, p. 89-98, 2008.

SELBITTO, M. A. **Inteligência artificial: uma aplicação em uma indústria de processo contínuo**. *Gestão & Produção*, 2002, 9.3: 363-376.

SILVA, K. M.; VOLANTE, C. R. A importância do sistema kanban para o gerenciamento e controle de estoque de uma empresa. **Revista Interface Tecnológica**, v. 16, n. 1, p. 629-640, 2019.

SILVA, M. G.; RABELO, M. H. S. Importância do controle de estoques para as empresas. **Revista Acadêmica Conecta FASF**, v. 2, n. 1, 2017.

SILVA, N. F. de C. da et al. Fuzzy Visa: um modelo de lógica fuzzy para a avaliação de risco da Vigilância Sanitária para inspeção de resíduos de serviços de saúde. *Physis: Revista de Saúde Coletiva*, v. 27, p. 127-146, 2017.

SILVA, V. G. M. et al. Controle de estoque: um estudo sobre a eficiência da gestão de estoque numa distribuidora atacadista em Divinópolis, MG. **Research, Society and Development**, v. 7, n. 5, p. 3, 2018.

SILVA, V. R. da; PAULA, T. C. de. **Projeto de melhoria da gestão de estoque em uma padaria**. 2021.

SLACK, N. et. al. **Administração da Produção**. 8 ed. São Paulo: Atlas, 2018.

TADEU (Org.). **Fundamentos da Gestão de Estoques. Gestão de Estoques: fundamentos, modelos matemáticos e melhores práticas aplicadas**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

TANSCHKEIT, R. Sistemas fuzzy. **Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro**, p. 338-353, 2004.

TAULLI, T. **Introdução à Inteligência Artificial: Uma abordagem não técnica**. Novatec Editora, 2020.

TÓFOLI, I. **Administração financeira empresarial: uma tratativa prática**. Campinas: Arte Brasil, 2008.

VAN WINGERDEN, E., et al. More grip on inventory control through improved forecasting: A comparative study at three companies. **International journal of production economics**, 2014, 157: 220-237.

VIEIRA, G. H. de A.; DE SALES, J. P. **Aplicação da curva abc e da classificação XYZ na gestão de estoque de uma empresa do setor agropecuário**. Encontro de Extensão, Docência e Iniciação Científica (EEDIC), v. 7, 2020.

WANG, L. X. A course in Fuzzy Systems and Control. New Jersey: Prentice-Hall Internacional. **ed: Inc**, 1997.

WHITBY, B. **Inteligência artificial: um guia para iniciantes**. Madras, 2004.

ZADEH, L. A. Information and control. **Fuzzy sets**, v. 8, n. 3, p. 338-353, 1965.

ZADEH, L. A. Lógica difusa. **Computer**, v. 21, n. 4, p. 83-93, 1988.

APÊNDICE A

ARQUIVO FIS DESCOMPILADO

```
[System]
Name='Produção'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=4
NumOutputs=1
NumRules=108
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'
```

```
[Input1]
Name='EstadoEstoque'
Range=[0 100]
NumMFs=3
MF1='minimo':'trapmf',[0 0 20 40]
MF2='mediano':'trimf',[20 50 80]
MF3='Máximo':'trapmf',[60 80 100 100]
```

```
[Input2]
Name='TempoEmEstoque'
Range=[0 28]
NumMFs=4
MF1='semana1':'trapmf',[0 0 5 7]
MF2='semana2':'trapmf',[5 8 12 14]
MF3='semana4':'trapmf',[19 22 28 28]
MF4='semana3':'trapmf',[12 15 19 21]
```

```
[Input3]
Name='Venda'
Range=[0 25000]
NumMFs=3
MF1='ruim':'trapmf',[0 0 2000 3000]
MF2='bom':'trapmf',[2000 3001 7000 7500]
MF3='Ótimo':'trapmf',[7000 7501 25000 25000]
```

```
[Input4]
Name='Pedido'
Range=[0 100]
NumMFs=3
MF1='pouco':'trapmf',[0 0 20 25]
MF2='Razoável':'trapmf',[20 26 50 55]
```

MF3='muito':'trapmf',[50 56 100 100]

[Output1]

Name='Produção'

Range=[0 50000]

NumMFs=3

MF1='naoproduzir':'trimf',[0 0 0]

MF2='produçãoMínima':'trapmf',[1 5000 12000 12500]

MF3='produçãoMáxima':'trapmf',[12000 12501 50000 50000]

[Rules]

1 1 1 1, 2 (1) : 1

1 2 1 1, 2 (1) : 1

1 4 1 1, 2 (1) : 1

1 3 1 1, 2 (1) : 1

1 1 2 1, 3 (1) : 1

1 2 2 1, 3 (1) : 1

1 4 2 1, 3 (1) : 1

1 3 2 1, 3 (1) : 1

1 1 3 1, 3 (1) : 1

1 2 3 1, 3 (1) : 1

1 4 3 1, 3 (1) : 1

1 3 3 1, 3 (1) : 1

1 1 1 2, 2 (1) : 1

1 2 1 2, 2 (1) : 1

1 4 1 2, 2 (1) : 1

1 3 1 2, 2 (1) : 1

1 1 2 2, 3 (1) : 1

1 2 2 2, 3 (1) : 1

1 4 2 2, 3 (1) : 1

1 3 2 2, 3 (1) : 1

1 1 3 2, 3 (1) : 1

1 2 3 2, 3 (1) : 1

1 4 3 2, 3 (1) : 1

1 3 3 2, 3 (1) : 1

1 1 1 3, 2 (1) : 1

1 2 1 3, 2 (1) : 1

1 4 1 3, 2 (1) : 1

1 3 1 3, 2 (1) : 1

1 1 2 3, 3 (1) : 1

1 2 2 3, 3 (1) : 1

1 4 2 3, 3 (1) : 1

1 3 2 3, 3 (1) : 1

1 1 3 3, 3 (1) : 1

1 2 3 3, 3 (1) : 1

1 4 3 3, 3 (1) : 1

1 3 3 3, 3 (1) : 1

2 1 1 1, 1 (1) : 1

2 2 1 1, 1 (1) : 1

2 4 1 1, 1 (1) : 1

2 3 1 1, 1 (1) : 1
2 1 2 1, 2 (1) : 1
2 2 2 1, 2 (1) : 1
2 4 2 1, 2 (1) : 1
2 3 2 1, 2 (1) : 1
2 1 3 1, 2 (1) : 1
2 2 3 1, 2 (1) : 1
2 4 3 1, 2 (1) : 1
2 3 3 1, 2 (1) : 1
2 1 1 2, 1 (1) : 1
2 2 1 2, 1 (1) : 1
2 4 1 2, 1 (1) : 1
2 3 1 2, 1 (1) : 1
2 1 2 2, 2 (1) : 1
2 2 2 2, 2 (1) : 1
2 4 2 2, 2 (1) : 1
2 3 2 2, 2 (1) : 1
2 1 3 2, 2 (1) : 1
2 2 3 2, 2 (1) : 1
2 4 3 2, 2 (1) : 1
2 3 3 2, 2 (1) : 1
2 1 1 3, 1 (1) : 1
2 2 1 3, 1 (1) : 1
2 4 1 3, 1 (1) : 1
2 3 1 3, 1 (1) : 1
2 1 2 3, 2 (1) : 1
2 2 2 3, 2 (1) : 1
2 4 2 3, 2 (1) : 1
2 3 2 3, 2 (1) : 1
2 1 3 3, 3 (1) : 1
2 2 3 3, 3 (1) : 1
2 4 3 3, 3 (1) : 1
2 3 3 3, 3 (1) : 1
3 1 1 1, 1 (1) : 1
3 2 1 1, 1 (1) : 1
3 4 1 1, 1 (1) : 1
3 3 1 1, 1 (1) : 1
3 1 2 1, 1 (1) : 1
3 2 2 1, 1 (1) : 1
3 4 2 1, 1 (1) : 1
3 3 2 1, 1 (1) : 1
3 1 3 1, 2 (1) : 1
3 2 3 1, 2 (1) : 1
3 4 3 1, 2 (1) : 1
3 3 3 1, 2 (1) : 1
3 1 1 2, 1 (1) : 1
3 2 1 2, 1 (1) : 1
3 4 1 2, 1 (1) : 1
3 3 1 2, 1 (1) : 1
3 1 2 2, 2 (1) : 1

3 2 2 2, 2 (1) : 1
3 4 2 2, 2 (1) : 1
3 3 2 2, 2 (1) : 1
3 1 3 2, 2 (1) : 1
3 2 3 2, 2 (1) : 1
3 4 3 2, 2 (1) : 1
3 3 3 2, 2 (1) : 1
3 1 1 3, 1 (1) : 1
3 2 1 3, 1 (1) : 1
3 4 1 3, 1 (1) : 1
3 3 1 3, 1 (1) : 1
3 1 2 3, 2 (1) : 1
3 2 2 3, 2 (1) : 1
3 4 2 3, 2 (1) : 1
3 3 2 3, 2 (1) : 1
3 1 3 3, 3 (1) : 1
3 2 3 3, 3 (1) : 1
3 4 3 3, 3 (1) : 1
3 3 3 3, 3 (1) : 1