

ADLER MATOS CARVALHO MONTEIRO

**A UTILIZAÇÃO DE UM MODELO FUZZY INTEGRADO À GESTÃO DE
ESTOQUE EM EMPRESAS DO RAMO ELETROELETRÔNICO**

MANAUS – AM
2022

ADLER MATOS CARVALHO MONTEIRO

**A UTILIZAÇÃO DE UM MODELO FUZZY INTEGRADO À GESTÃO DE
ESTOQUE EM EMPRESAS DO RAMO ELETROELETRÔNICO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental - PPG.EGPSA, do Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia– ITEGAM, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

Orientador: Dr. Manoel Henrique Reis Nascimento

**MANAUS – AM
2022**

ADLER MATOS CARVALHO MONTEIRO

A UTILIZAÇÃO DE UM MODELO FUZZY INTEGRADO À GESTÃO DE ESTOQUE EM EMPRESAS DO RAMO ELETROELETRÔNICO

Esta dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do título de Mestre do Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental do Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia – ITEGAM.

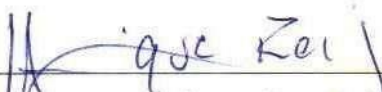
Manaus-AM, 02 de agosto de 2022.



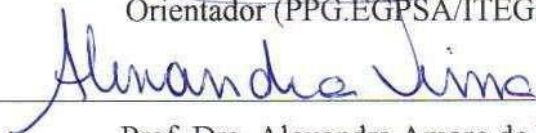
Prof. Dr. Jandecy Cabral Leite

Coordenador do PPG.EGPSA - ITEGAM

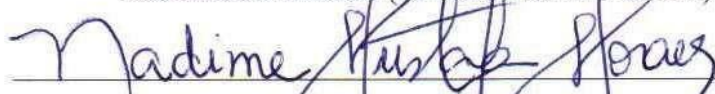
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Manoel Henrique Rejs Nascimento
Orientador (PPG.EGPSA/ITEGAM)



Prof. Dra. Alexandra Amaro de Lima
Examinador Interno (PPG.EGPSA/ITEGAM)



Prof. Dra. Nadime Mustafa Moraes
Examinador Externo (UEA)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Biblioteca do ITEGAM

Monteiro, Adler Matos Carvalho, 2022 - A UTILIZAÇÃO DE UM MODELO FUZZY INTEGRADO À GESTÃO DE ESTOQUE EM EMPRESAS DO RAMO ELETROELETRÔNICO. / Adler Matos Carvalho Monteiro - 2022. 63 f., il: Colorido

Orientador: Dr(a). Manoel Henrique Reis Nascimento

Dissertação: Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia, Programa de Pós Graduação em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental (PPG-EGPSA), Manaus - AM, 2022.

1. Gestão 2. Estoques 3. Lógica Fuzzy

CDD - 1001.ed.2022.26

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus por me proporcionar momentos de realização pessoal.

Ao Professor Dr. Manoel Henrique Reis Nascimento Orientador do PPG.EGPSA - ITEGAM o meu agradecimento pelas orientações e acompanhamento de todas as etapas e a todos os professores que colaboraram para minha formação.

Ao Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia ITEGAM, a qual me acolheu como discente.

A minha mãe Benta Lucia Matos de Carvalho, por me proporcionar educação.

A minha filha Manuelle Marinho Carvalho, a qual procuro sempre mostrar que conhecimento nunca é demais.

A minha irmã Patricia Carvalho Batista, pela parceria.

A minha namorada Iris da Silva Peixoto, pelo companheirismo, carinho e dedicação.

In memoriam da minha avó materna Cecilia Lucena de Matos, por todo ensinamento, carinho e afeto.

E a todos que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento deste projeto.

Epígrafe

“As oportunidades não surgem. É você que as cria”

(Chris Grosser)

Dedicatória

A minha mãe Benta Lucia Matos de Carvalho, a minha irmã Patricia Carvalho Batista, minha filha Manuelle Carvalho, a minha namorada Iris da Silva Peixoto, a minha vó Cecilia Lucena de Matos e a toda minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

RESUMO

MONTEIRO, Adler Matos Carvalho. **A UTILIZAÇÃO DE UM MODELO FUZZY INTEGRADO À GESTÃO DE ESTOQUE EM EMPRESAS DO RAMO ELETROELETRÔNICO**. 2022. 63. Dissertação do programa de pós-graduação em Engenharia, Gestão de Processos, Sistemas e Ambiental (EGPSA), Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM), Manaus, 2022.

A gestão de estoques é uma prática de fundamental importância para o sucesso de empresas nos mais variados segmentos. Empresas que operam com baixos índices de lucratividade dependem de uma gestão de estoques eficiente, sob pena de perderem competitividade. A manutenção eficiente de estoques não se caracteriza pela existência de grandes lotes de produtos para pronto atendimento aos clientes ou, pelo contrário, pela inexistência de estoques na tentativa de minimizar custos de manutenção. Os estoques devem ser gerenciados de maneira equilibrada para garantir um nível de serviço adequado aos clientes e gerar lucros. Este trabalho teve por objetivo desenvolver um modelo Fuzzy para gestão de estoque de uma organização, para redução da falta de material em estoque, decorrente do “*lead time*”. O trabalho justifica-se pela importância de se ter uma gestão monitorando o controle dos custos de estoque, que compreende as despesas decorrentes da falta de itens, os custos relacionados à reposição do estoque, e as despesas de um estoque parado. Para realização deste, foi necessário mapear o Processo de Compras de Materiais e assim identificar quais eram as variáveis mais significativas na gestão do estoque. O uso da Lógica Fuzzy idealizado para um modelo como este, é atingir um nível de estoque próximo de zero, imediatamente antes da reposição física, minimizando assim, os custos desnecessários. Portanto, a pesquisa experimental tem como objetivo manipular e controlar as variáveis da pesquisa. A aplicação do modelo desenvolvido, mostra que a avaliação da Gestão do Estoque através Necessidade de Reposição de Insumo e Tipo de Transporte a ser utilizado por meio da metodologia *fuzzy* mostrou-se viável para auxiliar as observações desejadas, permitindo compreender o impacto de cada variável linguística no resultado da pesquisa, apontando como a Empresa “X” pode utilizar as informações obtidas para melhoria da estrutura do seu Processo Logístico, assim reduzindo a falta de material em estoque em decorrência do lead time.

Palavras-Chave: Gestão; Estoques; Lógica Fuzzy.

ABSTRACT

MONTEIRO, Adler Matos Carvalho. **THE USE OF A FUZZY MODEL INTEGRATED TO INVENTORY MANAGEMENT IN COMPANIES IN THE ELECTRO-ELECTRONICS INDUSTRY**. 2022. 63. Dissertation of the postgraduate program in Engineering, Process, Systems and Environmental Management (EGPSA), Galileo Institute of Technology and Education of the Amazon (ITEGAM), Manaus, 2022.

Inventory management is a practice of fundamental importance for the success of companies in the most varied segments. Companies that operate with low levels of profitability depend on efficient inventory management, under penalty of losing competitiveness. Efficient inventory maintenance is not characterized by the existence of large batches of products for prompt customer service or, on the contrary, by the lack of inventories in an attempt to minimize maintenance costs. Inventories must be managed in a balanced way to ensure an adequate level of service to customers and generate profits. This work aimed to develop a Fuzzy model for stock management of an organization, to reduce the lack of material in stock, resulting from the "lead time". The work is justified by the importance of having a management monitoring the control of inventory costs, which includes the expenses resulting from the lack of items, the costs related to the replacement of the stock, and the expenses of a stopped stock. To accomplish this, it was necessary to map the Material Purchasing Process and thus identify which were the most significant variables in inventory management. The use of Fuzzy Logic, idealized for a model like this, is to reach an inventory level close to zero, immediately before physical replacement, thus minimizing unnecessary costs. Therefore, experimental research aims to manipulate and control the research variables. The application of the developed model shows that the evaluation of Inventory Management through the Need for Replacement of Input and Type of Transport to be used through the fuzzy methodology proved to be viable to assist the desired observations, allowing to understand the impact of each linguistic variable in the research result, pointing out how company X can use the information obtained to improve the structure of its Logistics Process, thus reducing the lack of material in stock due to the lead time.

Keywords: Management; Stoks; Fuzzy Logic

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Sistema Fuzzy	36
Figura 2.2: Função de Pertinência Gaussiana	37
Figura 2.3: Função de Pertinência Triangular	37
Figura 2.4: Função de Pertinência Trapezoidal	38
Figura 2.5: Função de Pertinência Sigmoide	38
Figura 2.6: Função de Pertinência Crescente	39
Figura 2.7: Função de Pertinência Decrescente	39
Figura 3.1: Sistema Lógico Fuzzy	43
Figura 3.2: Fluxograma de Compras de Materiais	44
Figura 3.3: Função de pertinência para variável de entrada NE	49
Figura 3.4: Função de pertinência para variável de entrada DP	49
Figura 3.5: Função de pertinência para variável de entrada CM	50
Figura 3.6: Função de pertinência para variável de saída NRI	50
Figura 3.7: Função de pertinência para variável de saída TT	51
Figura 3.8: Representação do Controlador Fuzzy para Gestão de Estoque	53
Figura 4.1: Gráfico das Regras NRI Alta e TT Aéreo.	55
Figura 4.2: Gráfico das Regras NRI Baixa e TT MarítimoOUTerrestre	56
Figura 4.3: Gráfico das Regras NRI Baixa e TT Aéreo/Marítimo	57
Figura 4.4: Gráfico 3D	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Processo Metodológico	43
Tabela 3.2: Definição das Variáveis Linguísticas	44
Tabela 3.3: Definição Range/Valor Linguístico/Valor Numérico	46
Tabela 3.4: Base de Regras	52

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	14
1 INTRODUÇÃO	14
1.1 JUSTIFICATIVA DA DISSERTAÇÃO.....	15
1.2 OBJETIVOS	16
1.2.1 Geral	16
1.2.2 Específicos	16
1.3 ESCOPO DO TRABALHO	16
CAPITULO 2	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 Gestão de estoques no cenário atual.....	18
2.1.1 Tipos de estoque	19
2.1.2 Gerindo os Estoques	20
2.1.3 Ferramentas para Gestão de estoque.....	23
2.1.3.1 Inventário	23
2.1.3.2 Curva ABC	23
2.1.3.3 Acuracidade	25
2.1.3.4 Estoque de segurança	25
2.1.3.5 Indicadores de desempenho	26
2.1.3.6 Kanban	27
2.1.3.7 Just in time	28
2.1.4 Previsão de demanda	29
2.1.5 Custos de estoque.....	30
2.2 Lógica Fuzzy	31
2.2.1 Conjuntos Fuzzy	33
2.2.2 Modelos de Inferência Fuzzy	33
2.3 Aplicação da lógica Fuzzy em sistemas de Gestão de estoques.....	34

2.3.1	Funções de pertinência Fuzzy.....	36
2.3.2	Fuzzificação e Defuzzificação de dados	39
CAPÍTULO 3.....		41
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	41
3.1	MATERIAIS.....	41
3.2	MÉTODOS.....	41
3.2.2	Análise de Dados.....	42
CAPÍTULO 4.....		54
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	54
4.1	Resultados e Discussão.....	54
CAPÍTULO 5.....		60
5	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	60
5.1	CONCLUSÕES.....	60
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	61
REFERÊNCIAS.....		62

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

A gestão de estoques é uma prática de fundamental importância para o sucesso de empresas nos mais variados segmentos. Empresas que operam com baixos índices de lucratividade dependem de uma gestão de estoques eficiente, sob pena de perderem competitividade. A manutenção eficiente de estoques não se caracteriza pela existência de grandes lotes de produtos para pronto atendimento aos clientes ou, pelo contrário, pela inexistência de estoques na tentativa de minimizar custos de manutenção.

Atualmente vem notando-se um aumento constante da procura por alimentos saudáveis ligados à qualidade de vida e bem-estar, o que levou ao surgimento de várias oportunidades de negócios para quem deseja investir no mercado de alimentação saudável ou diversificar suas operações. Segundo a agência internacional de pesquisa de mercado Euromonitor, nos últimos cinco anos, o crescimento do setor de alimentos e bebidas saudáveis foi, em média, de 12,3% ao ano e em 2019 a previsão era que o segmento crescesse ainda mais e atingisse 50%, movimentando R\$ 110 milhões (SEBRAE, 2018).

É importante que empresas desse segmento, se planejem para se manterem competitivas no mercado. Um fator que deve ser considerado no planejamento é a gestão dos estoques que suprem as demandas dos consumidores. Com isso é indispensável ter total controle dos estoques, através de inventários e do auxílio de diversas ferramentas, atualizados constantemente para que o processo produtivo das organizações não seja afetado.

Os estoques são materiais diretos, indiretos e patrimoniais em alguma quantidade, armazenados em local apropriado normalmente chamado de armazém ou almoxarifado. Ele pode ser considerado como matéria-prima, insumos, materiais em processo de produção ou produtos acabados. Estes materiais requerem um gerenciamento com base em ferramentas e indicadores.

A gestão dos estoques é essencial para a administração eficiente dos materiais nas organizações, atribuindo a elas grande vantagem competitiva, de maneira que o seu bom gerenciamento proporciona um atendimento às necessidades dos clientes, porém muitas organizações possuem dificuldades em manter o seu equilíbrio.

Deste modo para garantir que não faltem produtos e haja redução dos prazos de entregas e custos, é necessário o uso de ferramentas e indicadores que monitorem essa eficiência. Dentre as ferramentas que auxiliam diretamente no gerenciamento do setor e atua como um modelo útil na administração dos materiais, destaca-se a curva ABC.

Decisões ligadas ao gerenciamento de Inventário geram riscos e ao mesmo tempo benefícios à empresa. Um atraso ou um não ressuprimento de determinado material pode gerar diversos inconvenientes, desde a interrupção da produção até multas contratuais por não entrega do produto final. A tarefa mais importante no gerenciamento de inventário é o balanceamento entre a minimização dos custos e a maximização da satisfação do cliente. Em casos reais, este objetivo é muito difícil de ser atingido devido ao grande número de fatores envolvidos como: incerteza de demandas e ressuprimento.

O setor de estoque de uma empresa, independente da área de atuação ou natureza, é o setor incumbido por controlar o fluxo de materiais em caráter interno, desta forma mantendo o equilíbrio entre o que os recursos necessários e disponíveis. Estes recursos podem ser humanos, materiais, físicos, financeiro ou de qualquer natureza.

Um ponto importante na gestão de estoques é o processo de planejamento, dada o cenário naturalmente dinâmico das empresas. Desta forma, este trabalho visa a aplicação da Lógica Fuzzy na gestão de estoques de uma empresa da cidade de Manaus-AM.

1.1 JUSTIFICATIVA DA DISSERTAÇÃO

O trabalho justifica-se pela importância de se ter uma gestão monitorando o controle dos custos de estoque, que compreende as despesas decorrentes da falta de itens, os custos relacionados à reposição do estoque, e as despesas de um estoque parado. O uso da Lógica Fuzzy idealizado para um modelo como este, é atingir um nível de estoque próximo de zero, imediatamente antes da reposição física, minimizando assim, os custos desnecessários.

O resultado do trabalho irá ressaltar a importância da gestão de estoques para uma organização, onde a mesma pode alocar seus recursos da melhor forma garantindo ganhos em escala e competitividade.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Geral

Desenvolver um modelo Fuzzy para gestão de estoque de uma organização, para redução da falta de material em estoque, decorrente do “*lead time*”.

1.2.2 Específicos

Descrever a Gestão de estoques no cenário atual da Empresa “X”;

Identificar as variáveis mais significativas do modelo de inferência Fuzzy para a avaliação do nível de estoque;

Criar modelos matemáticos baseados em Lógica Fuzzy para avaliar o nível ótimo de reposição de estoque;

Desenvolver as regras de inferência Fuzzy para o modelo de gestão de estoque;

Aplicar o modelo desenvolvido para avaliar a dinâmica da gestão de estoque.

1.3 ESCOPO DO TRABALHO

O estudo foi desenvolvido em cinco etapas:

O capítulo 1 apresentou os aspectos introdutórios da pesquisa, a motivação, os objetivos e a forma de organização do trabalho.

O capítulo 2 apresentou uma revisão bibliográfica que englobou a Gestão de estoques no cenário atual e sua estrutura, fundamentos de Lógica *Fuzzy*, seus conjuntos, variáveis, regras e modelos e por fim, a aplicação da lógica *Fuzzy* em sistemas de Gestão de estoques e suas funções.

O capítulo 3 demonstra os materiais e os métodos utilizados, apresentação do objeto de estudo e as particularidades, além da estrutura do desenvolvimento da pesquisa com a apresentação dos dados.

O capítulo 4 apresenta a aplicação dos métodos que envolvem a lógica *fuzzy* em uma organização, os cenários constituídos por meio do sistema proposto e os resultados obtidos e discussões.

E o capítulo 5 apresenta as conclusões acerca da pesquisa e sugestões para futuro do estudo na área.

CAPITULO 2

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Gestão de estoques no cenário atual

Inicialmente, cabe referir que o conceito de estoque é descrito como “certa quantidade de matéria-prima ou produto acabado que ainda não foi consumido ou comprado/entregue ao cliente da organização” (ROSA, 2021, p. 91).

Assim, é possível compreender que estoque pode englobar matérias primas, produtos em processamento ou produtos acabados para o consumidor final. Ademais, destaca-se que o estoque acaba retratando oscilações existentes entre a oferta e demanda, gerando a possibilidade de ocorrência de três episódios distintos, quais sejam:

- a) estoque intencional;
- b) estoque ocasionado por ausência de planejamento e;
- c) estoque ocasionado por falha de planejamento.

Dessa forma, importante apresentar breves considerações acerca de cada espécie de possibilidade de estoque. Primeiro, estoque intencional é descrito como o planejamento da empresa para atingir proveitos, pois neste caso, por exemplo, a organização acaba adquirindo volumes maiores de mercadorias com menor preço, já que o grande volume de bens acaba gerando margem para negociação e obtenção de descontos, o que pode trazer a oferta de melhores preços ao consumidor final (ROSA, 2021).

Segundo Gasnier et al., (2018), o nível do estoque pode ser um resultado da incerteza vivida por algumas empresas, de modo que sua presença pode significar uma reserva para um possível aumento na produção prevista para um dado período do ano, material que será distribuído entre as linhas de produção, reserva de segurança ou montante que se deteriorou por não ter sido utilizado ou como consequência de fatores externos.

O estoque, tempos atrás, era considerado apenas um “mal necessário”, haja vista que era entendido como algo inútil, pois seria apenas um acúmulo de mercadorias. Todavia, com a evolução das práticas de comércio e da crescente concorrência, verifica-se que o estoque é necessário para o suprimento de possíveis rupturas nas prateleiras e prejuízos a empresa (VIEIRA, 2019).

Nessa linha de raciocínio, é possível dizer que estocar é pensar no consumo futuro, sendo de extrema dificuldade gerenciar e administrar grandes estoques, pois podem ocorrer quebras/perdas, já que determinados produtos são perecíveis e todos possuem prazo de validade. Assim, estocagens de produtos sem um destino prévio pode gerar prejuízos financeiros, pois exigem gastos desnecessários com as armazenagens e pela não venda no prazo determinado (VIEIRA, 2019).

Podemos evidenciar que os estoques surgem em uma empresa por diversas causas e motivos, sendo possível enfatizar que ocorre por falta de planejamento, de processo, por incertezas entre a oferta e a procura, especulação de estoques, adquirir uma quantidade maior do que a necessidade em razão do custo, disponibilidade no canal de distribuição de estoques perto dos lugares de consumo. (CORRÊA et al. 2016).

2.1.1 Tipos de estoque

A presença dos estoques de determinados produtos deve ter um destino pré-definido, caso contrário poderão estar apenas ocupando um espaço e representando um montante financeiro parado que poderia estar sendo investido em outros lugares. Assim, é indispensável a realização de uma gestão de estoque eficiente para que sejam otimizados os custos e para que a linha de produção não pare por falta de material, sendo todos esses aspectos indispensáveis para que seja garantido o nível do serviço entregue ao cliente final.

Segundo Machado (2017), podemos dizer que existem basicamente dois tipos de estratégias para se controlar estoques: os sistemas empurrados e os sistemas puxados. O sistema empurrado é o sistema tradicional de controle de estoque no qual os produtos são fabricados ou montados antes da demanda, sendo posicionados ao longo da cadeia de suprimento como estoque de segurança. Tal método baseia-se em alguma forma de controle estatístico de estoque, que pode contar com algumas novas encomendas quando os níveis de estoque atingem determinado ponto, a quantidade do ponto de pedido.

Segundo Ballou (2016), o método de controle de estoque empurrado trata-se de um método adequado sempre que a produção ou as compras excederem as necessidades de curto prazo dos estoques aos quais se destinam tais quantidades. Se não puderem ser armazenadas no lugar da produção por falta de espaço ou por outros motivos, devem ser então alocadas aos pontos de estoque, de alguma forma que faça sentido em termos econômicos. Empurrar é uma abordagem razoável de controle de estoques sempre que a produção ou a aquisição são a força dominante na determinação das quantidades de reposição no canal.

Já nos sistemas puxados, ocorre o inverso. “Nenhum produto deve ser produzido, nenhum componente encomendado até que haja um pedido”. O método de controle de estoque puxado significa que reconhecemos a impossibilidade de determinar com exatidão a demanda e os prazos de entrega. Por isso, precisamos planejar uma situação em que não haja estoque suficiente para atender às solicitações dos clientes. Além do estoque regular, mantido para suprir a demanda média e a média dos prazos de entrega, uma quantidade extra é adicionada ao estoque (BALOU, 2016).

O volume desse estoque de segurança, ou pulmão, determina o nível da disponibilidade de estoque proporcionando aos clientes, mediante o controle da probabilidade da ocorrência de uma situação de falta de estoque.

De acordo com as definições mencionadas, pode-se perceber que aparentemente a filosofia just-in-time se contrapõe a filosofia da reposição do estoque antes do mesmo acabar. Entretanto, as duas filosofias podem ser equilibradas de tal forma a se obter um estoque reduzido, porém havendo um estoque de segurança, a fim de atender eventuais incertezas na cadeia de suprimento.

2.1.2 Gerindo os Estoques

Gasnier et al., (2018), aponta que mesmo tendo uma boa gestão dos materiais, diariamente os analistas são desafiados mediante os longos prazos de fornecimento, tempo de trânsito não confiável, administração descentralizada e falta de sinergia entre o compras e o estoque, além da falta de investimento em sistemas que automatizam processos.

Entretanto, é importante ressaltar que essa é uma realidade que tem sido transformada pelos avanços tecnológicos que contribuem para a disponibilização de sistemas mais simples e com custo acessível. Ademais, um bom relacionamento com os fornecedores pode amenizar todos esses desafios. Portanto, a combinação de todos esses pontos mencionados com uma visão integrada a Cadeia de Suprimentos, otimização de espaços e foco no negócio contribuirão com uma gestão de materiais eficiente (GASNIER et al., 2018).

Um dos principais requisitos para se ter uma boa gestão do estoque é conhecer os materiais que os compõem. Segundo Gasnier et al., (2018), o processo de classificação dos itens é indispensável, ainda mais quando se tem uma grande diversidade. Como sugestão tem-se a realização de um saneamento da base de itens, de modo a possibilitar a visualização das variações como um todo e eventualmente realizar unificações, evitando que se tenham diversos cadastros para um mesmo item.

Tendo em vista o conceito e a importância do planejamento de estoque, a gestão de estoques torna-se um elemento gerencial primordial na administração da empresa, tanto no presente quanto no futuro. A gestão do estoque está diretamente relacionada com a demanda, pois conforme o consumo haverá análise de quando e quanto será necessário adquirir de estoque, para evitar rupturas/falta de produtos. Com a gestão de estoques é possível unir diversos setores da empresa, fazendo com que o estoque seja realizado com maior eficiência (VIEIRA, 2019).

Dentre os setores que são abrangidos pela gestão de estoque é possível citar o comercial, financeiro, distribuição, armazenagem etc. Assim, com a união de diversos setores da organização será possível manter o estoque adequado e reduzir os desperdícios de materiais, gerando reflexo positivo nos custos totais com manutenção do estoque. Portanto, a gestão de estoque serve para evitar prejuízos financeiros, sendo uma ferramenta de relevância para saber o momento de comprar e a quantidade de materiais que precisam ser adquiridos, a fim de proporcionar uma estocagem de segurança.

Para Moura (2018), estoque é um conjunto de bens armazenados, com características próprias (itens administrativos, de manutenção ou matérias-primas), e que atende as necessidades da empresa. Em outras palavras, são materiais disponibilizados pela empresa, até o momento de entrarem no sistema produtivo ou apenas seguirem diretamente ao consumidor. As funções dos estoques são garantir o abastecimento de materiais através da demora ou atraso no fornecimento, na sazonalidade no suprimento e na dificuldade de fornecimento, além de proporcionar economias de escala através da compra, pela flexibilidade do processo produtivo e pela rapidez e eficiência no atendimento às necessidades, entre outros. Por que manter os estoques?

A resposta é simples para Ballou (2016). Os estoques melhoram o nível de serviço, incentivam economias na produção, agem como proteção ao aumento de preços, protegem a empresa contra incertezas no tempo de ressurgimento e servem como segurança contra imprevistos. Por outro lado, ele implica em uma necessidade de espaço físico, alto custo de capital de giro, perdas, maiores custos operacionais e despesas administrativas, custo de seguro e conseqüentemente falta de capital disponível.

A gestão de estoque é o processo de controlar e manter os recursos expressos por este em equilíbrio ao grau econômico dos investimentos. Por conseguinte, ela visa manter os recursos inativos, em equilíbrio em relação ao grau econômico ótimo dos investimentos. Isto é alcançado possuindo apenas estoque mínimo, sem correr o risco de não ter itens em quantidades suficientes e necessárias para manter o fluxo de abastecimento e consumo.

Na visão de Ching (2021) a gestão de estoque exerce uma grande influência na rentabilidade da empresa. Ou seja, os estoques absorvem capital que poderia estar sendo investido de outros jeitos, desviam fundos de usos potenciais e tem o mesmo custo de capital que qualquer outro investimento da empresa, e aumentar a rotatividade do estoque liberam ativo e economiza o custo de manutenção do mesmo.

Uma boa gestão de estoque passa por equilibrar compras, armazenagem e entregas, controlando as entradas e o consumo de materiais, movimentando o ciclo da mercadoria. Além disso, deve ter como objetivo um prazo de pagamento dos fornecedores compatível com os recebimentos dos clientes. Após esse saneamento, se torna indispensável a utilização de ferramentas para categorização dos itens. Um dos métodos mais utilizados para essa finalidade é a Curva ABC.

Por sua vez, Hillebrand (2016), utilizou as ferramentas em uma empresa de condimentos alimentícios a fim de reduzir custos de compras e armazenagem, atendendo a demanda prevista e reduzindo os volumes de estoque sem perder a confiabilidade.

Slominski (2016), tratou da Curva ABC, do Lote econômico e da rotatividade dos produtos, obtendo como resultado um gerenciamento eficaz através da visão geral do consumo da empresa gerando maior controle e autonomia para tomada de decisões. Para Bezerra (2020), a aplicação em uma empresa de eletrodomésticos proporcionou a classificação ABC dos itens e informações corretas sobre o valor do estoque mínimo e máximo da empresa.

Quanto aos tipos de estoques, importante estudar as quatro principais variáveis em razão do material, que são: matéria prima; em processo de produção; estoque de produtos acabados e; peças de reposição; (ROSA, 2021).

Inicialmente, o estoque de matéria-prima corresponde “aos produtos que serão insumos para a produção dos produtos finais” (ROSA, 2021, p. 96). Neste tipo, são contabilizados os materiais utilizados no processo de produção, ou seja, os meios para se obter o produto final, como matérias-primas, embalagens, peças, ferramentas etc. Por sua vez, os estoques em processo de produção são caracterizados nas indústrias que trabalham com sua própria linha de produção em série.

Neste tipo, “uma célula produz um produto semiacabado que entra na produção da segunda célula e assim por diante. Esses produtos semiacabados são denominados de estoques em processo de produção”. Já o estoque de produtos acabados corresponde ao produto final de uma empresa. Ou seja, este tipo de estoque é caracterizado pelo volume de produtos acabados que não estão vendidos. Quanto ao estoque de peças de reposição, este pode ser definido pela necessidade de a empresa manter estoque mínimo de peças de reposição para as suas próprias máquinas, proporcionando a contínua produção de seus produtos, sem paralisação por problemas de manutenção das ferramentas de trabalho (ROSA, 2011)

2.1.3 Ferramentas para Gestão de estoque

As ferramentas utilizadas para gestão de estoque são de suma importância para manter o controle dos estoques, pois elas auxiliam diretamente no gerenciamento. Portanto, a escolha de uma ferramenta eficiente para auxiliar os gestores de estoques ajuda a solucionar diferentes problemas que esse setor organizacional pode enfrentar.

2.1.3.1 Inventário

Inventário é o resultado da atividade de identificação, contagem física e localização dos itens em estoque de uma organização sejam eles, matéria-prima, em processo, produtos acabados, materiais indiretos, de consumo, de manutenção ou patrimoniais, a fim de comprovar sua existência e exatidão com as informações contidas no seu controle interno, documentado na forma de uma lista de bens disponível para serem utilizados na fabricação de produtos comercializados pela empresa ou em estoque para venda no processo normal de um negócio. (REIS, 2019).

2.1.3.2 Curva ABC

Segundo Rodrigues (2017), a Curva ABC ou Curva de Pareto é empregada para ordenar os itens de estoque conforme sua importância relativa: multiplica-se o valor unitário de cada item por sua demanda (consumo) em um espaço de tempo predeterminado (normalmente um ano), obtendo-se um valor percentual sobre o total das despesas com estoque. Em seguida, ordenam-se os itens de forma decrescente, para então reagrupá-los em três conjuntos, que serão denominados A, B e C, de acordo com a importância relativa de cada grupo

O objetivo da Curva ABC ou também conhecida como 80/20 é identificar os itens de maior valor de demanda e exercer sobre eles uma gestão bem definida, pois estes representam altos valores de investimentos na empresa. Porém antes de estabelecer uma política de estoques, cada produto deve ser classificado conforme seus requisitos. A classificação serve bem para este propósito. A curva ABC tem sido aproveitada para o controle de estoques, para definição de política de venda e outras dificuldades usuais da empresa. Qual critério adotar para distribuir os materiais entre as classes A, B e C?

Segundo Accioly, Ayres e Sucupira (2018) o primeiro aspecto a se considerar é a finalidade, definir que ações serão empreendidas a partir da classe ABC do item. É admissível usar uma classificação ABC para realizar diversas tarefas, como organizar a distribuição dos produtos nas gôndolas ou buscar oportunidades significativas na redução de estoques. O que irá mudar é o método de cálculo utilizado para definir as diferentes abordagens da classificação.

Para Ballou (2009) a curva ABC refere-se ao fato de que, 20% dos produtos são responsáveis por 80% das vendas atingidas. O autor diz que se obtém a curva ABC por meio da classificação dos itens conforme a sua importância referente. Após a classificação dos itens, podem ser definidas as classes da curva:

a) classe A: grupo de itens mais importantes que devem ser tratados de forma diferenciada, são os mais caros e em menor número, portanto devem permanecer em estoque por pouco tempo;

b) classe B: grupo de itens em posição intermediária, entre a classe A e C, São os materiais de quantidade e valores intermediários, e podem ficar estocados de 30 a 60 dias;

c) classe C: grupo de itens menos importantes que podem ter pouca visibilidade perante a administração, são os materiais de pouco valor e de grandes quantidades, portanto podem ficar estocados por muito mais tempo, cerca de 120 a 180 dias.

Para os itens de maior importância, é preciso ter cuidados diferentes, como por exemplo: elevar o giro de estoque, aumentar a frequência de ressuprimento, aumentar a constância da análise do comportamento da demanda e do tempo de reposição, implementar compras programadas e ter uma exatidão melhor no cálculo do estoque de segurança. Também é preciso levar em consideração o tempo de fornecimento, o volume do item e se o item for perecível.

Essa classificação é feita para um determinado momento ou período, de modo que um item, hoje aparece como classe A pode em outro momento ser considerado como classe B, o que se verifica em especial para aqueles materiais que estão na fronteira das classes. “Dessa maneira, mesmo que o cálculo indique que um material está na classe A, B ou C, a definição final cabe ao gestor” (ACCIOLY; AYRES; SUCUPIRA, 2018, p. 100).

2.1.3.3 Acuracidade

Para iniciar a busca pela excelência, a empresa deve-se atentar a problemas raízes, antes de chegar ao cliente final. A acurácia é um indicador de gestão, expresso em porcentagem, da proporção de informações corretas. (GASNIER et al., 2018).

No caso de estoques, a acuracidade é medida quando a quantidade física disponível é comparada com o que consta no sistema de informação em determinado momento, deve-se calcular a acurácia de estoques dividindo o número de itens corretos dividido pelo número total de itens, expresso em porcentagem.

2.1.3.4 Estoque de segurança

Estoques de segurança servem para suprir as variações de demanda durante o tempo de espera entre uma entrega e outra dos fornecedores. Se a variação ficar acima da média, o estoque de segurança será responsável por evitar que falem produtos até que a próxima entrega seja realizada. O estoque de segurança pode ser entendido como um montante que garantirá o abastecimento de acordo com a variação da demanda no período em que é realizado o ressuprimento.

Gasnier et al., (2018) complementa dizendo que o dimensionamento desse estoque é feito com base no grau de nível de serviço desejado, sendo considerado a possibilidade de acontecer uma ruptura do atendimento nesse intervalo.

Segundo (Corrêa et al., 2017), devemos levar em conta algumas considerações para definição de estoques de segurança. Em situações reais nem sempre podemos trabalhar com pressupostos de formulações com valores exatos em sua formulação, até mesmo porque sabemos que na maioria dos casos, as demandas não são exatamente constantes. Há variação aleatória em torno de uma média.

Como não sabemos ao certo como definir a média de consumo devido as suas possíveis variações, surge assim a necessidade de quantificar essa incerteza. Em outras palavras, a necessidade de saber quais as probabilidades associadas aos diferentes níveis de variações da demanda após a emissão do pedido de ressurgimento. Para isso, é necessário conhecer as características das variações passadas da demanda em torno da média.

Assim, devemos coletar uma amostra de demanda de um período de no mínimo 12 meses para podermos estimar, a partir dessas informações, a média encontrada durante o período e também calcularmos o desvio padrão

2.1.3.5 Indicadores de desempenho

Indicadores de desempenho como, acurácia dos níveis de estoque, lead time, estoque de segurança e ponto de ressurgimento, são importantes para pôr em pratica um bom gerenciamento dos estoques em todas as organizações. Pois a partir destes, é possível manter um monitoramento de eficiência operacional da empresa.

Por sua vez, Santos et al., (2017) reduziu os custos com a utilização do melhor lote de compras para itens classificados como A na curva ABC, em uma empresa de acessórios para automóveis, a partir de indicadores como estoque médio e estoque de segurança.

Para Losilla e Valente (2017) aplicaram a Curva ABC e realização do inventario, a fim reduzir o índice de acurácia no estoque em uma indústria do setor automobilístico. Silva (2017), aplicou a ferramenta curva ABC e indicadores como estoque de segurança e acurácia em um grupo varejista, obtendo uma redução de 26% nos níveis de estoque.

Alves e Bueno (2016) utilizaram o modelo de gestão baseado na curva ABC e em indicadores como inventário, estoque mínimo e ponto de pedido atingindo uma redução de em média 73%.

Já para Facchini, Silva e Leite (2019) o controle do estoque em uma distribuidora de matérias de incêndio foi realizado com base na curva ABC e no estoque de segurança por nível de serviço e reduziu em 51% o capital investido em estoques.

Segundo Chopra e Meindl (2011), as decisões relacionadas ao estoque afetam o custo de bens vendidos, o ciclo C2C, os ativos mantidos pela cadeia de suprimentos e sua responsividade aos clientes.

Para conseguir uma boa análise de estoque o gestor deverá acompanhar as seguintes métricas relacionadas a estoque, que influenciam o desempenho da cadeia de suprimentos:

- Tempo cíclico C2C é uma métrica de alto nível que inclui estoques, contas a pagar e contas a receber.
- Estoque médio indica a quantidade média de estoque mantido. O estoque médio deve ser medido em unidades, dias de demanda e valor financeiro.
- Giro de estoque mede o número de vezes que o estoque gira em um ano. É a razão entre o estoque médio e o custo dos bens vendidos ou das vendas.
- Produtos com mais de um número específico de dias de estoque identifica os produtos para os quais a empresa está mantendo um alto nível de estoque. Essa métrica pode ser usada para identificar produtos que estão em oferta excessiva ou identificar motivos que justifiquem o estoque alto, como descontos, ou produtos que estão com pouca saída.

2.1.3.6 Kanban

Um cartão Kanban é uma autorização para produzir e/ou para movimentar materiais. A soma de todos os Kanbans de uma empresa representa o nível atual de estoques e, portanto, podemos dizer que reduções apresentarão a melhorias ao processo de operação global da empresa. O sistema é um método que manipula inventário e expõe problemas, dando oportunidades para a mudança.

Para Moura (2018) você precisa introduzir o Kanban a qualquer momento e com qualquer nível de estoque. Porém, se você não aproveitar o potencial do Kanban para identificar os problemas e aumentar a produtividade, você não está utilizando totalmente o sistema Kanban. É uma metodologia que permite trabalhar com um estoque mínimo amortizando os custos através do uso de cartões titulados kanban. Visa eliminar a operação que não agregue valor ao produto final. O sistema é composto por duas características. Uma é a produção Just in Time, a outra tem em vista alcançar a plena utilização dos recursos humanos.

O funcionamento do kanban se dá a partir de uma série de posições, onde são colocados os cartões, isso acontece para cada item. As posições vazias indicam o estoque disponível e cada cor indica o estado de urgência da reposição

O kanban verde ressalta que não há necessidade de suprimento, o amarelo indica que está na hora de fazer o pedido, já o kanban vermelho indica que os itens presentes ali são de segurança, este kanban é usado quando houver algum problema com o tempo de ressuprimento.

Os objetivos básicos do kanban são minimizar os estoques de produtos acabados, reduzir o lead time, simplificar o controle, visualizar as etapas de controle, dentre outros. Os cartões podem ser de vários tipos

- a) kanban de retirada: utilizado para requisitar materiais anteriores aquela operação que se está executando;
- b) kanban de produção: usado para controle de fluxo de materiais no chão de fábrica. É um cartão que informa ao operário o que, quanto e quando produzir, puxando a produção;
- c) kanban de fornecedor: usado para passagem entre empresas. A empresa que adota o sistema de controle da produção através do kanban, não deverá ter depósitos para os seus produtos, sendo assim no cartão de kanban deve conter a informação do local exato onde o produto deverá ser entregue;
- d) kanban de estoque mínimo: utilizados para materiais que são gargalos em um sistema produtivo. É usado dois tipos de cartão em conjunto, um cartão é retangular empregado para requisição de material, o outro é triangular e indica o nível de reposição de materiais;
- e) kanban expresso: só é usado quando se tem ausência de material, o que significa que o kanban de produção e o kanban de retirada deixaram de funcionar;
- f) dentre outros.

A decisão de usa-lo traz vantagens, tais como: repor a quantidade consumida não havendo risco de compra excedida, trata cada item isolado, não repassando eventuais erros para outros itens, é menos suscetível a diferenças de inventário e necessita diagnóstico apenas do consumo e do lead time. Entretanto, como todo método, também apresenta desvantagens: não agrega informações do futuro, utiliza cobertura vertical e a flexibilidade de dimensionamento de estoque é limitada.

2.1.3.7 Just in time

O Just in Time (JIT) surgiu no Japão, nos meados da década de 70, sendo o principal pilar do Sistema Toyota de Produção. “Produzir bens e serviços exatamente no momento em que são necessários, não, antes que se transformem em estoque, e nem depois, para que os clientes não tenham de esperar” (MOURA, 2018, p. 160).

Por conseguinte, Ballou (2016, p.226) explica que a ideia do JIT é suprir produtos na produção, estoque ou cliente apenas no momento em que eles são necessários. Se o tempo de ressuprimento e a necessidade de produto são devidamente conhecidos, o estoque pode ser evitado. “Os lotes são pedidos apenas nas quantidades suficientes para atender o consumo com antecedência de apenas um tempo de ressuprimento”

Nem sempre o enfoque do JIT leva ao estoque zero, quando os tempos de ressuprimento ou necessidades de produtos não são conhecidos com exatidão, então quantidades maiores devem ser usadas, o que decorre em um estoque extra. Alguns dos objetivos do Just In Time são citados abaixo:

- tornar a empresa flexível;
- produzir somente os produtos necessários;
- produzir com qualidade requerida;
- menor lead time na manufatura;
- melhor atendimento ao cliente;
- maior valor agregado ao produto;
- maior retorno de investimento.

O método JIT é vantajoso em questões de melhorias na qualidade, na produtividade, na redução de custos, diminuição de estoques, abatimento do retrabalho, melhora o nível de comunicação e comprometimento dos trabalhadores. Essas vantagens além da cadeia de suprimento estendem-se também aos fornecedores. O sistema JIT incide quatro tipos de estoques: estoque de segurança, estoque de ciclo, estoque de antecipação e estoque de canal.

2.1.4 Previsão de demanda

Os processos de compra e produção devem seguir de acordo com planejamentos prévios, de modo que esses devem ser baseados nas previsões de demanda, contribuindo assim para a otimização do estoque, melhor utilização dos recursos e conseqüentemente melhor entrega para os clientes. (GASNIER et al., 2018).

A previsão quantitativa tem como base dados das demandas anteriores, com o auxílio de modelos matemáticos que pesquisam séries temporais para assim projetar a demandada futura, um desses modelos é a média móvel. No que se refere a previsão de demanda, o principal desafio para prever a demanda é selecionar uma técnica eficaz.

No entanto, não existe um método específico que permita às organizações antecipar riscos e incertezas no futuro. Geralmente, existem duas abordagens para a previsão de demanda. A primeira abordagem envolve a previsão da demanda através da coleta de informações sobre o comportamento de compra dos consumidores de especialistas ou realizando pesquisas.

Por outro lado, o segundo método se trata de prever a demanda usando os dados anteriores por meio de técnicas estatísticas.

2.1.5 Custos de estoque

Para Ballou (2016) três classes gerais de custos são importantes para a determinação da política de estoque: custos de aquisição, de manutenção e de falta de estoque. São custos permanentemente em conflito, ou em compensação, entre si.

- Custo de aquisição: os custos relacionados com a aquisição de mercadorias para a reposição dos estoques são quase sempre uma significativa força econômica que determina as quantidades de reposição.
- Custo de manutenção: os custos de manutenção dos estoques são aqueles resultantes do armazenamento, ou propriedade, de produtos durante um determinado período, proporcionais à média das quantidades de mercadorias disponíveis.
- Custo de Falta: os custos de falta de estoques ocorrem quando um pedido não pode ser atendido a partir do estoque ao qual é normalmente encaminhado.

Conforme Chopra e Meindl (2011) há dois tipos de custos relevantes que devemos considerar em uma boa gestão de estoques, são eles: custo de manutenção de estoque e custo de pedido.

O custo de manutenção é estimado como uma percentagem do custo de um produto e é a soma dos principais componentes listados a seguir.

- Custo de capital: esse é o componente dominante do custo de manutenção para produtos que não se tornam obsoleto rapidamente.
- Custo de obsolescência (ou deterioração): o custo de obsolescência estima a taxa em que o valor do produto armazenado cai porque o valor de mercado ou qualidade caem.

- Custo de manuseio: o custo de manuseio deverá incluir apenas custos de recebimento e armazenamento incrementais que variam com a quantidade de produto recebida.
- Custo de ocupação: o custo de ocupação reflete a mudança incremental no custo do espaço em razão do estoque cíclico variável.
- Custos diversos: o último componente do custo de manutenção lida com uma série de outros custos relativamente pequenos. Estes incluem roubo, segurança, danos, impostos e encargos de seguro adicionais que são incorridos.

O custo de pedido inclui todos os custos incrementais associados à emissão ou ao recebimento de um pedido extra, incorridos independentemente do tamanho do pedido. Os componentes do custo de pedido são:

- Tempo do comprador: o tempo do comprador é seu tempo incremental fazendo um pedido extra. Esse custo deverá ser incluído somente se o comprador for totalmente utilizado.
- Custos de transporte: um custo de transporte fixo normalmente é incorrido independentemente do tamanho do pedido. Por exemplo, se um caminhão é enviado para a entrega de cada pedido, custa a mesma coisa enviá-lo pela metade ou cheio.
- Custos de recebimento: alguns custos de recebimento são incorridos independentemente do tamanho do pedido. Estes incluem qualquer trabalho administrativo, como a conferência do pedido de compra e qualquer esforço associado à atualização de registros de estoque.
- Outros custos: cada situação pode ter custos exclusivos, que devem ser considerados se forem incorridos para cada pedido, independentemente da quantidade desse pedido.

2.2 Lógica Fuzzy

A teoria dos conjuntos Fuzzy foi concebida por Lotfi Asker Zadeh, professor em Berkeley, Universidade da Califórnia, com o objetivo de fornecer ferramental matemático para o tratamento de informações de caráter impreciso ou vago. A lógica Fuzzy é baseada na teoria dos conjuntos Fuzzy.

Esta é uma generalização da teoria dos conjuntos tradicionais para resolver os paradoxos gerados a partir da classificação “verdadeiro ou falso” da lógica clássica. Tradicionalmente, uma proposição lógica tem dois extremos: ou “completamente verdadeiro” ou “completamente falso”. Entretanto, na lógica Fuzzy, uma premissa varia em grau de verdade de 0 a 1, o que leva a ser parcialmente verdadeira e parcialmente. (MORÉ, 2018).

A primeira noção da lógica dos conceitos “vagos” foi desenvolvida pelo filósofo e lógico polonês Jan Lukasiewicz (1878-1956) que, em 1920, através do estudo de termos do tipo alto, velho e quente, introduziu os conjuntos com graus de pertinência como sendo 0, $\frac{1}{2}$ e 1 que indicaria a possibilidade que uma declaração fosse verdadeira ou falsa e, mais tarde, expandiu para um número infinito de valores entre 0 e 1 (MORÉ, 2004).

Em 1965, Lofti Zadeh publicou o artigo “Fuzzy sets”, que ficou conhecido como a origem da lógica Fuzzy. Zadeh criou a lógica “Fuzzy” combinando os conceitos da lógica clássica e os conjuntos de Lukasiewicz, definindo graus de pertinência. Ele observou que recursos tecnológicos, baseados na lógica booleana, não eram suficientes para automatizar atividades relacionadas a problemas de natureza industrial, biológica ou química.

Em 1965, o engenheiro eletrônico Lofti Asker Zadeh, professor de teoria dos sistemas da universidade de Berkeley, mencionou pela primeira vez à comunidade científica a expressão Lógica Fuzzy. Na década de 70, ampliando seus conceitos desenvolvidos na década anterior, propôs sua extensão com o conceito de variável linguística. A lógica Fuzzy trabalha com limites incertos e imprecisos.

A comunicação humana contém diversas incertezas na forma de expressões verbais que são vagas e imprecisas, utilizando muitas vezes, palavras iguais que no contexto tem significados diferentes. Para os seres humanos, as palavras não representam uma ideia única, mas representam um conjunto de ideias. Por outro lado, os computadores não conseguem entender os termos Fuzzy da comunicação humana, podendo raciocinar apenas de forma binária.

A Lógica Fuzzy pode preencher este vazio e traduzir os graus de verdade das afirmações de uma maneira que os computadores possam processar tal informação, fazendo com que estes “raciocinem” conforme humanos.

Conforme ilustrado por Moré (2018), a realidade é dinâmica e constantemente sujeita a mudanças, o que a caracterizaria como um mundo Fuzzy. Utilizando a lógica Fuzzy, pode-se distinguir situações como: um veículo se deslocar vagarosamente, uma pessoa estar um pouco faminta e o tempo estar parcialmente nublado, e subsidiar a tomada de decisões ou estimação de parâmetros.

2.2.1 Conjuntos Fuzzy

No mundo real existem inúmeras situações que requerem raciocínio aproximado para manipular informações. A lógica fuzzy foi colocada inicialmente como uma extensão da lógica tradicional, sendo baseada na afirmação de que uma proposição lógica não é necessariamente verdadeira ou falsa, mas possui, de fato, graus de verdade, ou ainda, graus de pertinência.

Um conjunto Fuzzy caracteriza-se através do seu vetor de pertinência, com graus de pertinência individuais dentro do intervalo numérico $\{0,1\}$. Esses graus de pertinência podem ser considerados como medidas que avaliam se um elemento é ou não um membro de um dado conjunto Fuzzy.

Rigoni (2019) define a variável linguística como o nome dado ao conjunto fuzzy. Desta forma, representam a variável de entrada em um sistema a ser estudado, lembrando que sua composição é puramente linguística. A variável linguística também pode estar incluída em um universo de discurso, ou seja, mais de uma variável linguística pode definir uma variável base.

Um possível exemplo, citado por Moré (2018), envolvendo variáveis linguística e universo de discurso é a definição da idade de um indivíduo. Neste caso o universo de discurso é a variável estudada, neste caso, a IDADE. Os conjuntos fuzzy possíveis para esta situação são {Jovem, Adulto, Velho}, estes estarão presentes no questionário realizado.

Ainda, cada conjunto fuzzy pode ser alterado por meio de modificadores. O exemplo citado, o conjunto de modificadores é {Muito, Pouco, Razoavelmente}. Desta forma, um termo linguístico de maior complexidade é gerado, por exemplo, a expressão “Muito Velho”.

2.2.2 Modelos de Inferência Fuzzy

A semântica é que vai definir para o mecanismo de inferência como serão processados os *antecedentes*, quais serão os indicadores de disparo das regras e quais os operadores utilizados sobre os conjuntos fuzzy existentes para executar o processamento de conhecimento. Tipicamente, utilizam-se modelos de inferência fuzzy específicos de acordo com as propriedades sintáticas definidas, ou seja, o modelo de processamento definido para o sistema de conhecimento vai depender basicamente da forma de armazenamento de informações escolhida (TEODORO, 2018).

De acordo com Rezende (2019), será apresentada a definição dos processos envolvidos no modelo de inferência de Mamdani (1974). O modelo de Mamdani inclui módulos de interface que transformam variáveis de entrada em conjuntos fuzzy equivalentes e, posteriormente, as variáveis fuzzy geradas em variáveis numéricas proporcionais, adequadas para os sistemas de atuação existentes.

A regra semântica tradicionalmente utilizada para o processamento de inferências com o modelo de Mamdani é chamada de inferência *Max-Min*. Ela utiliza as operações de união e intersecção entre conjuntos da mesma forma que a apresentada por Zadeh (1965), por meio de operadores de máximo e mínimo, respectivamente. Considerando uma regra de produção fuzzy genérica apresentada a seguir, o método de inferência *Max-Min* proposto por Mamdani será detalhado.

Durante o processo de fuzzificação, os antecedentes de cada regra são processados por meio da intersecção entre os graus de pertinência das entradas atuais nos termos primários definidos em cada uma. Este processo gera um grau de pertinência de disparo para cada regra de produção. Em outras palavras, é calculado para a k -ésima regra da base de conhecimento um coeficiente de disparo $D(k)$, onde os índices k nos conjuntos fuzzy denotam os termos primários que compõem a regra k na base de conhecimento. Este processamento tem como função transformar informações quantitativas em informações qualitativas, e é considerado um processo de generalização.

Todas as regras para as quais o coeficiente de disparo for maior que zero são ditas regras que dispararam para as entradas atuais. Isto quer dizer que elas vão contribuir para o cálculo da saída correspondente do sistema de inferência. Os coeficientes de disparo, por sua vez, vão limitar os valores máximos dos conjuntos fuzzy de saída gerados por estas regras. Finalmente, uma operação global de união vai compor um conjunto fuzzy para cada variável de saída, contendo informações sobre todas as regras disparadas para as entradas atuais.

2.3 Aplicação da lógica Fuzzy em sistemas de Gestão de estoques

Segundo Arnold (2018) os estoques são materiais e suprimentos que uma empresa ou instituição mantém, seja para vender ou para fornecer insumos ou suprimentos para o processo de produção. Logo, a gestão de estoque é responsável em administrar todos esses itens, que são extremamente importantes dentro de uma empresa, de maneira a maximizar o atendimento ao cliente.

O gerenciamento de estoques de uma empresa deve ser bem estruturado de maneira a suprir as necessidades de abastecimento interna e externas a empresa. Já que essa área irá afetar os resultados quantitativos da empresa. Nesse contexto, deve-se substituir empirismos por soluções de forma a atingir o principal objetivo da gestão de estoques que é atender as necessidades, quando se trata de material.

O controle de estoque deve principalmente buscar minimizar o capital investido em estoque já que altos níveis de estoque acarretam em elevados custos para empresa. Além disso, é através do controle de estoque que se poderá evitar desperdícios e fazer planejamento de materiais.

Sendo assim, a gestão de estoque é uma das atividades de qualquer empresa que quando gerida de forma eficiente pode levar a uma redução de custos desnecessários e excessivos. Sabe-se que o ideal para qualquer empresa é manter o mínimo de estoque possível já que este não agrega valor à organização. Além disso, o estoque representa uma forma do capital da empresa estar “empitado”. Logo, o capital investido deve ser o menor possível.

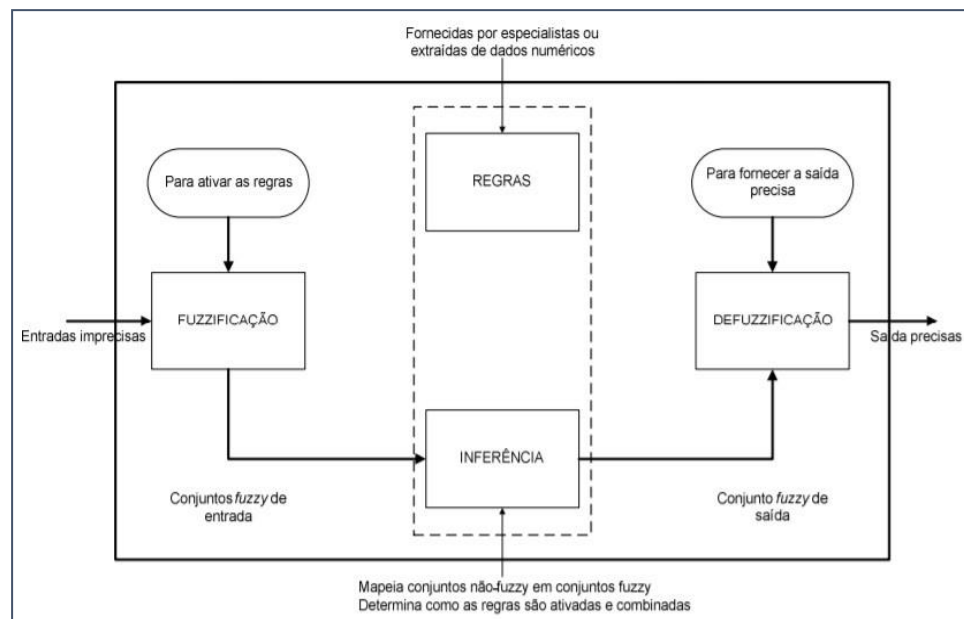
Assim, a gestão de estoque deve convergir para a estratégia da empresa de maneira a equilibrar a sua rentabilidade e a sua rede de suprimentos. Isso força qualquer empresa a melhoria dos seus métodos para gerenciar o estoque. O que acontece na empresa que está sendo abordada é que esta mantém uma grande quantidade de materiais em estoque. Dentre os diversos fatores que levam a esse problema estão um planejamento inadequado, uma previsão de demanda fora do real e principalmente um controle de estoque ineficiente. O controle de estoque é fundamental dentro da empresa, pois evita roubos e diferenças do estoque físico para o que está registrado no sistema.

Essa atividade da gestão de estoque é fundamental pois todas as decisões tomadas nela influenciarão financeiramente na empresa. Será ela que irá registrar, gerenciar a entrada e saída de mercadorias e fazer a fiscalização dos materiais. Sendo assim, as organizações devem ter um sistema confiável de controle de estoque para evitar a ocorrência de problemas

No contexto de gestão de estoque, trabalhos utilizando lógica *fuzzy* têm sido desenvolvidos desde a década de 90. Seja para determinação do Lote Econômico de Compra, para a solução de modelos de revisão contínua e periódica, para determinação do tamanho de pedido no problema do jornaleiro ou ainda na classificação ABC de itens, vê-se uma série de trabalhos acadêmicos publicados.

Conforme explica Tanscheit (Apud OLIVEIRA JUNIOR, 2007), um sistema fuzzy é composto por quatro módulos, conforme a Figura 2.1:

Figura 2.1 - Sistema Fuzzy



Fonte: Oliveira Junior (2007)

No contexto de alocação de estoque, destaca-se um trabalho que criou um sistema de tomada de decisão para alocação de estoque (ou em inglês DMS-SA), que utilizou como inputs a demanda e o custo de manutenção de um item qualquer para determinação da quantidade de itens alocados em cada varejo. O trabalho descrito neste artigo é uma revisão do DMS-SA (portanto chamado de DMS-SA Rev.), considerando mais itens de custo na composição das variáveis de entrada (ALVARENGA, 2016).

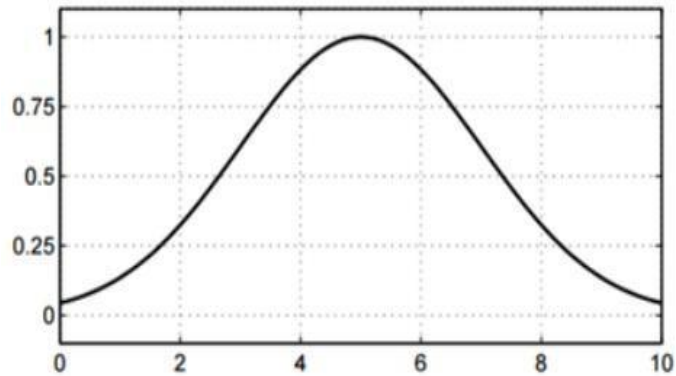
2.3.1 Funções de pertinência Fuzzy

Oliveira Junior (2016) cita que as funções de pertinência fazem o papel das curvas de possibilidade da teoria clássica da Lógica Fuzzy e ainda que, sendo os conjuntos fuzzy apropriados para representar noções vagas, frequentemente encontradas no mundo real, é a função de pertinência que define as fronteiras desses conjuntos.

As funções de pertinência demonstram diferentes formatos dependendo da realidade em que a aplicação das informações ocorre. Conforme CASTRO (2018) na maioria das aplicações práticas, as funções de pertinência são do tipo gaussiana, triangular, trapezoidal, crescente ou decrescente.

As Figuras 2.2; 2.3; 2.4; 2.5; 2.6 e 2.7 - Tipos Básicos de Funções de Pertinência.

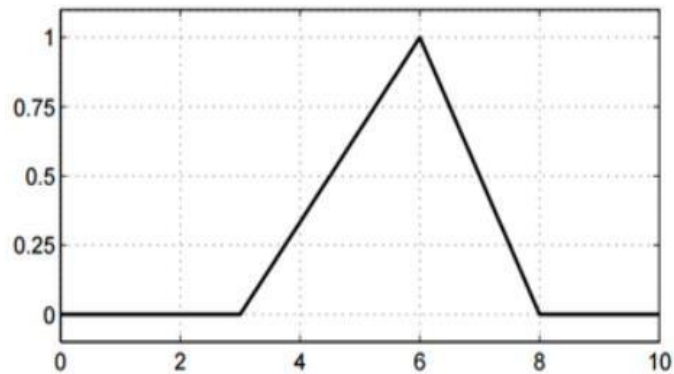
Figura 2.2 - Função de Pertinência Gaussiana



Fonte: SOUSA (2016)

A Figura 2.2, representa a função gaussiana, com formato de sino, correspondendo conforme resultado das variáveis.

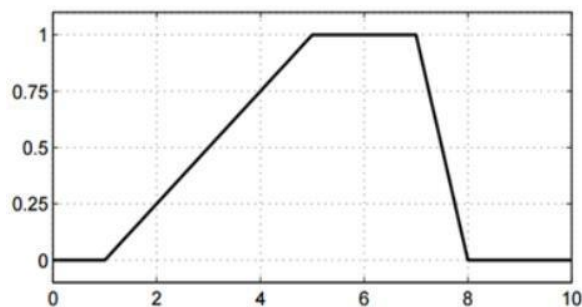
Figura 2.3 - Função de Pertinência Triangular



Fonte: SOUSA (2016)

A Figura 2.3, representa a função triangular, correspondente com as variáveis informadas, sendo uma das funções de pertinência padrão.

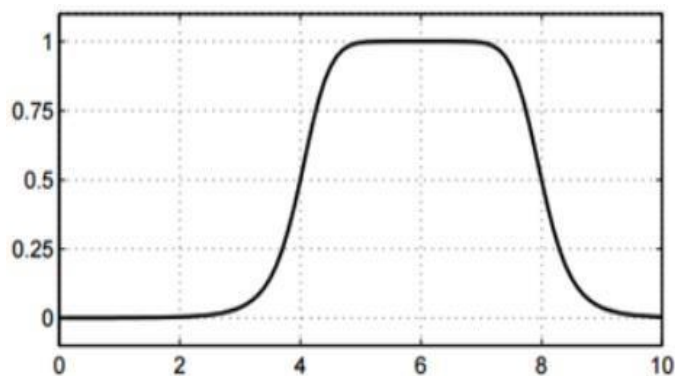
Figura: 2.4 - Função de Pertinência Trapezoidal



Fonte: SOUSA (2016)

A Figura 2.4, representa a função trapezoidal, também representam umas das funções de pertinência padrão.

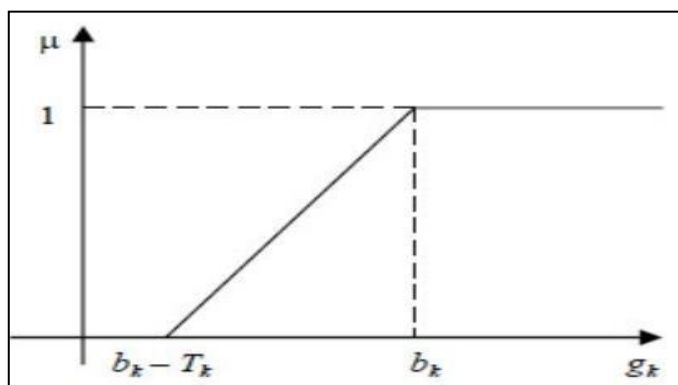
Figura 2.5 - Função de Pertinência Sigmoide



Fonte: SOUSA (2016)

A Figura 2.5, representa a função de pertinência sigmoide, que dependendo do deslocamento da curva para a direita ou esquerda indica se a função é crescente ou decrescente.

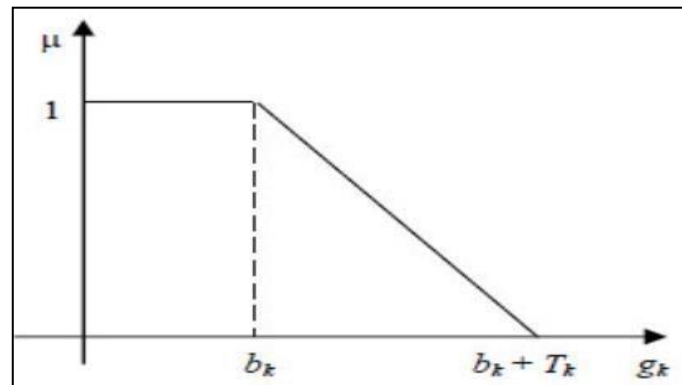
Figura: 2.6 - Função de Pertinência Crescente



Fonte: SOUSA (2016)

A Figura 2.6, representa função crescente, conforme resultados dos dados.

Figura: 2.7 - Função de Pertinência Decrescente



Fonte: SOUSA (2016)

A Figura 2.7, representa função decrescente, conforme resultado dos dados.

CASTRO (2018) ressalta que as funções triangulares, trapezoidais, crescentes e decrescentes, pseudolineares, podem facilmente ser implementadas pelo uso das funções máx e min. Estas representações são bastantes úteis quando utilizarmos uma linguagem de script, como o matlab ou scilab, para modelar um conjunto nebuloso.

2.3.2 Fuzzificação e Defuzzificação de dados

Corrêa e Baéssa (2016) citam que a fuzzificação é um processo de conversão da entrada numérica em conjuntos fuzzy, e que ela é uma operação fundamental, pois em grande parte das aplicações de lógica fuzzy os dados são numéricos, sendo necessário então fuzzificar estes em conjuntos fuzzy. Os autores explicam que um conjunto numérico X é convertido em um conjunto fuzzy x por meio de um fuzzificador:

$$x = \text{fuzzificador}(X)$$

Para estes autores, a estratégia de fuzzificação a utilizar é definida a partir do tipo de inferência utilizado, e que a base de conhecimento é composta pela base de regras e base de dados, sendo que a base de regras é o conjunto de regras que descrevem o sistema, e estas regras são definidas da seguinte forma:

SE (entrada)	ENTÃO (saída)
Antecedente	Consequente

Segundo Corrêa e Baéssa (2016) a construção da base de regras envolve: a escolha das variáveis lingüísticas, a seleção do formato das regras condicionais, a seleção dos termos associados a cada variável lingüística e a síntese do conjunto de regras.

Os métodos mais utilizados na defuzzificação são: centro-da-área (COA), centro-de-máximo (COM) e média-do-máximo (MOM). No presente trabalho, utilizou-se o método COA para as três variáveis de saída para obtenção do valor defuzzificado.

More (2018) define a defuzzificação como uma função que associa um valor de outro conjunto adjacente a cada conjunto fuzzy. Em outras palavras, corresponde a um valor esperado considerando a pertinência dos conjuntos. Uma das metodologias utilizadas é a determinação do baricentro do gráfico da função pertinência.

CAPÍTULO 3

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo tem por objetivo descrever as etapas do processo metodológico, cujo o principal é desenvolver um Modelo Fuzzy para gestão de estoque de uma organização, para redução da falta de material em estoque, decorrente do “lead time”.

3.1 MATERIAIS

Para desenvolvimento e simulações do Modelo Fuzzy para Gestão de Estoque foi utilizado um computador com processador i5, 8Gb de RAM e sistema operacional Windows 10, além da Planilha de Planejamento Mestre, relatórios, mapas, formulários e o Sistema Gestão utilizado na Empresa, onde a partir dele foi possível extrair e integrar dados, além de informações e processos de diferentes setores, tais como vendas, compras, estoque, contas a pagar, contabilidade, etc, tudo em um único ambiente.

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Coleta de Dados

A coleta de dados foi realizada em uma Empresa, denominada X, que fica localizada no Distrito Industrial de Manaus, onde se fabrica Ar-Condicionado, onde foi avaliado durante o período de 6 meses por meio de visitas in loco e acompanhamento da execução do Plano de Produção, quais eram os principais fatores que influenciavam ao não atendimento deste, devido à falta de materiais. Tivemos como entradas de fatores, os dados da:

- Plano de Vendas;
- Plano de Produção;
- Planilha de Fechamento de Ordens de Produção;
- Atas de Reunião Diárias de Produção;
- Planilhas de Inventários de Materiais;
- Planilha de Materiais Rejeitados por Qualidade;
- Outros.

3.2.2 Análise de Dados

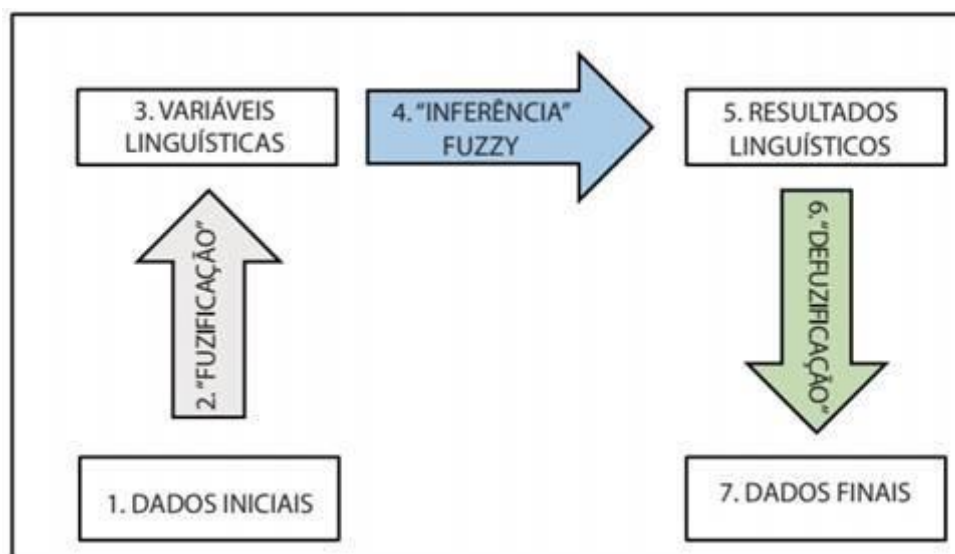
O Sistema Lógico Fuzzy estrutura-se em três passos, conforme a Figura 3.1, adaptada de Cox (1995).

No primeiro passo, tem-se a “**fuzificação - (2)**”, na qual ocorre a transformação dos dados iniciais (1) em variáveis linguísticas (3), fase em que todas as informações relativas à imprecisão ou incerteza associada a estas variáveis devem ser consideradas.

No segundo passo, adequados os valores iniciais em variáveis linguísticas (3), a “**inferência - (4)**” Fuzzy é a fase seguinte, cujo fim é comparar entre si as prováveis variáveis por meio de normas preestabelecidas, com os objetivos do algoritmo atingidos.

Do sistema lógico Fuzzy, a “**defuzificação - (6)**” é o terceiro e último passo, e compreende, o resultado linguístico interpretado (5) da metodologia de “**inferência**” Fuzzy em elementos finais (7), em valor numérico.

Figura 3.1 - Sistema Lógico Fuzzy



Fonte: Cox (1995).

A Tabela 3.1, apresenta o Processo Metodológico da pesquisa, que foi desenvolvida em três fases: 1. Indicadores de Gestão de Estoque; 2. Sistema de “Inferência” Fuzzy; 3. Experimento do Modelo Proposto. Cada fase é composta por três etapas: 1.1 Mapeamento de Processo de Compras de Materiais; 1.2 Entrevistas com Especialistas; e 1.3 Definição dos

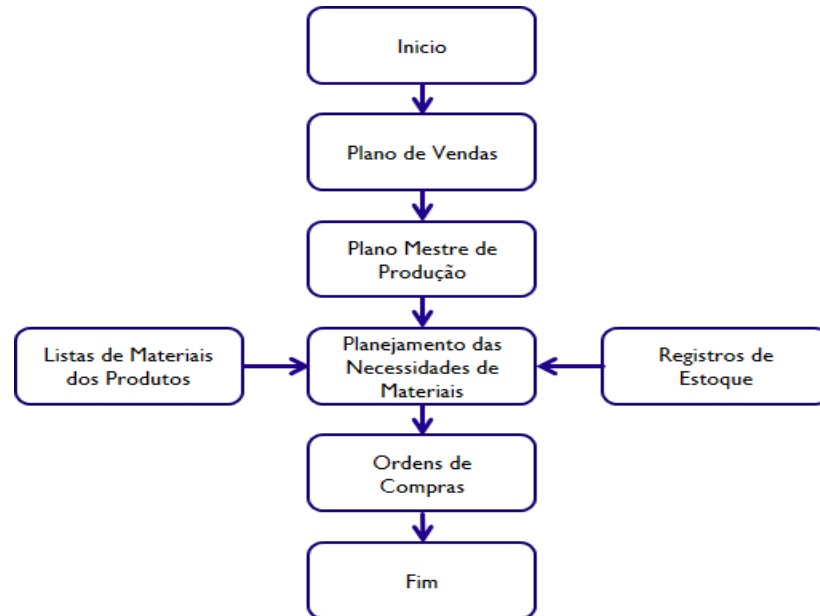
Range/Valor Linguístico/Valor Numérico de cada Variável Linguística.; 2.1 Desenvolvimento dos Conjuntos Fuzzy; 2.2 Desenvolvimento das Regras de “Inferência”; e 2.3 Simulação no software Matlab R2016a; 3.1 Compilação do Algoritmo de Agregação dos Indicadores no software Matlab R2016a; 3.2 Simulação dos Resultados em 3D; e 3.3 Conclusão.

Tabela 3.1 - Processo Metodológico

FASE	ETAPA
1. Indicadores de Gestão de Estoque	1.1 Mapeamento de Processo de Compra de Materiais
	1.2 Entrevista com Especialistas
	1.3 Definição dos Range/Valor Linguístico/Valor Numérico de cada Variável Linguística.
2. Sistema de "Inferência" Fuzzy	2.1 Desenvolvimento dos Conjuntos Fuzzy
	2.2 Desenvolvimento das Regras de "Inferência"
	2.3 Simulação no Software MatLab R2016a
3. Experimento do Modelo Proposto	3.1 Compilação do Algoritmo de Agregação dos Indicadores no Software MatLab R2016a
	3.2 Simulação dos Resultados
	3.3 Conclusão

A Etapa 1.1, Mapeamento de Processo de Compra de Materiais, consiste na identificação dos indicadores de Gestão de Estoque para a Empresa “X”, os quais são apresentados como variáveis linguísticas de entrada e saída das etapas do Fluxograma de Compras de Materiais, conforme visualizado na Figura 3.2, e são partes significativas para o andamento e atendimento do Plano de Vendas de Produtos da organização.

Figura 3.2 – Fluxograma de Compras de Materiais



A Tabela 3.2 apresenta as variáveis linguísticas de entrada (Demanda Produtiva, Nível de Estoque e Criticidade do Material) e de saída (Necessidade de Reposição de Insumo e Tipo de Transporte) das etapas do Fluxograma de Compra de Materiais.

Tabela 3.2 – Definição das Variáveis Linguísticas

ETAPA DO FLUXOGRAMA	DESCRIÇÃO	VARIÁVEL LINGUISTICA	
		ENTRADA	SAÍDA
Plano de Vendas	É usado para promover maior eficiência e precisão na definição da estratégia de um negócio, de modo a orientar a sua equipe a tomar as melhores decisões. É o guia da organização no seu Planejamento Produtivo.	-	-

Plano Mestre de Produção	É um documento que contém uma lista, que apresenta todos os itens de uma produção, bem como quando cada etapa será realizada. Este é elaborado com base no Plano de Vendas	Demanda Produtiva	-
Planejamento de Necessidades de Materiais	É alimentado pelo Plano Mestre de Produção, o qual determina os Produtos a serem produzidos, onde tais produtos têm suas Listas de Materiais, o qual compõe todos os itens e seus múltiplos, e pelos Registros de Estoque. E com base nessas alimentações, é possível verificar se o Plano de Produção poderá ser cumprido ou não.	Nível de Estoque	Necessidade de Reposição de Insumo
Lista de Materiais dos Produtos	É a estratificação de todos os materiais a serem utilizados na fabricação/montagem de um produto, bem como seus múltiplos.	-	-
Registros de Estoque	É a disponibilidade de cada material a ser usado na fabricação/montagem de determinados produtos.	-	-

Ordem de Compras	É um documento muito importante na gestão da cadeia de suprimentos, pois serve para formalizar uma proposta comercial a um fornecedor. Com ela, a empresa se compromete a pagar pelo produto que deseja adquirir, conforme as condições feitas em orçamento.	Criticidade do Material	Tipo de Transporte
------------------	--	-------------------------	--------------------

A Etapa 1.2 consistiu da entrevista de cinco especialistas com experiência no ramo de Logística, Produção e Consultores da Lógica Fuzzy, todos envolvidos com o aperfeiçoamento dos Indicadores de Gestão de Estoque, obtidos no referencial teórico.

Na Etapa 1.3 ocorreu com a definição do Range, Valor Linguístico e Valor Numérico de cada Variável Linguística, onde tais informações constam na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Definição Range/Valor Linguístico/Valor Numérico

VARIÁVEL LINGUISTICA	DESCRIÇÃO	RANGE	VALOR LINGUISTICO	VALOR NUMERICO
Nível de Estoque (NE)	É tudo aquilo que uma empresa precisa armazenar para operar, podendo ser mantido no seu mínimo, máximo ou ponto de pedido, que é quando a organização solicita a mercadoria para o fornecedor ao mesmo tempo em que o cliente fez a compra com ela.	0 - 100 (%)	Baixo	[0 0 25 50]
			Médio	[25 50 75]
			Alto	[50 75 100 100]
Demanda Produtiva (DP)	É dada pela quantidade de bem que os compradores desejam adquirir num determinado período de tempo.	0 - 100 (%)	Baixo	[0 0 25 50]

	A demanda não é uma variável sob controle direto do fornecedor e tem um impacto significativo na cadeia de suprimento.		Médio	[25 50 75]
			Alto	[50 75 100 100]
Criticidade do Material (CM)	É o tempo que se refere a um ciclo que começa quando ele faz o pedido e termina quando acusa o recebimento do que pediu.	0 - 100 (Dias)	Baixo	[0 0 15 25]
			Médio	[20 40 60]
			Alto	[40 70 100 100]
Necessidade de Reposição de Insumo (NRI)	É o processo de reabastecimento dos Insumos no Estoque de acordo com uma Demanda Produtiva Especifica.	0 - 100 (%)	Baixa	[0 0 25 50]
			Média	[25 50 75]
			Alta	[50 75 100 100]
Tipo de Transporte (TT)	É o tipo de transporte a ser utilizado para a entrega do Insumo, o qual é escolhido de acordo com ao nível de criticidade.	0 - 100 (Dias)	Aéreo	[0 0 15 30]
			Aéreo/Marítimo	[20 40 60]

Concluindo essa Primeira fase, foram determinadas o range, valor linguístico e numérico de acordo com as variáveis obtidas com os especialistas, conforme indica a Tabela 3.3.

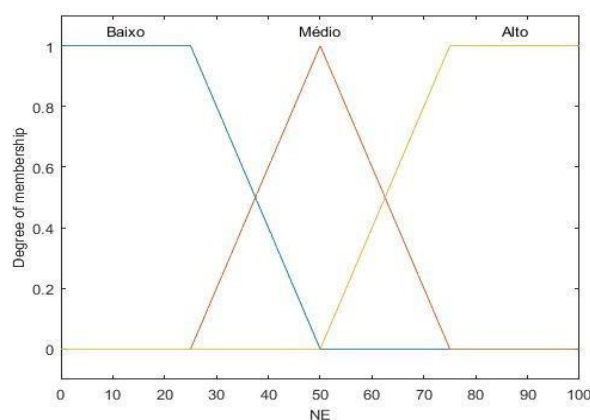
Na Segunda Fase foi desenvolvido o Sistema de “Inferência” Fuzzy, onde para este utilizou-se o Toolbox Fuzzy do *software* MatLab R2016a, para a construção do modelo devido a sua validação reconhecida pela ciência. O Modelo Fuzzy contém 03 Variáveis de Entradas (Inputs) e 02 Variáveis de Saída (Output).

Para atingir os objetivos dessa fase, ela foi desdobrada em três etapas, sendo que a primeira “Etapa 2.1” transformou os dados obtidos nas entrevistas nos Conjuntos Fuzzy, onde serão identificados e descritos abaixo:

- **Nível de Estoque (NE) - Fuzzyficação**

A variável linguística de entrada “Nível de Estoque” constitui três níveis de inferência, com formatos trapezoidais e triangular. A Figura 3.3, apresenta as estruturas trapezoidais e triangular, atendendo valores linguísticos: Baixo, Médio, Alto, de acordo com a Tabela 3.3.

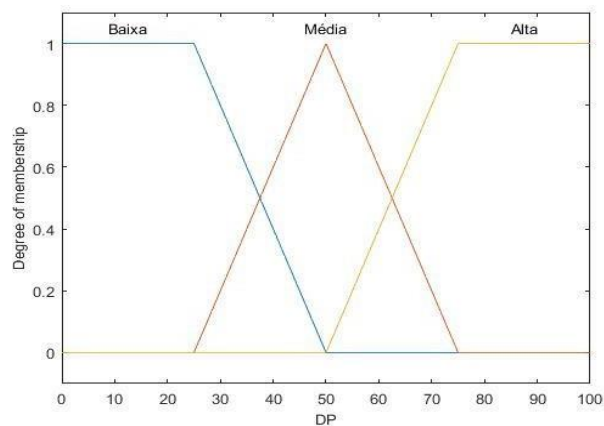
Figura 3.3 - Função de pertinência para variável de entrada NE



- **Demanda Produtiva (DP) - Fuzzyficação**

A variável linguística de entrada “Demanda Produtiva” constitui três níveis de inferência, com formatos trapezoidais e triangular. A Figura 3.4, apresenta as estruturas trapezoidais e triangular, atendendo valores linguísticos: Baixa, Média, Alta, de acordo com a Tabela 3.3.

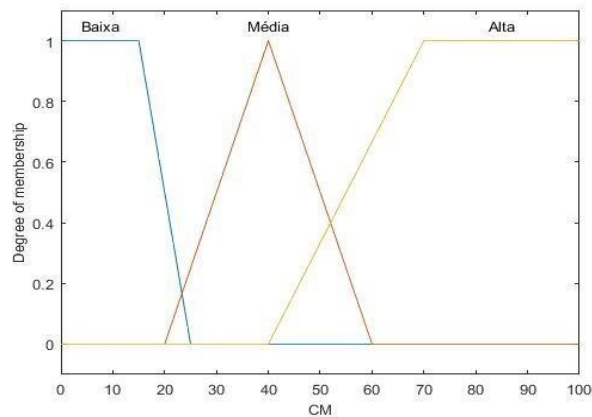
Figura 3.4 - Função de pertinência para variável de entrada DP



- **Criticidade do Material (CM) - Fuzzyficação**

A variável linguística de entrada “Criticidade do Material” constitui três níveis de inferência, com formatos trapezoidais e triangular. A Figura 3.5, apresenta as estruturas trapezoidais e triangular, atendendo valores linguísticos: Baixa, Média, Alta, de acordo com a Tabela 3.3.

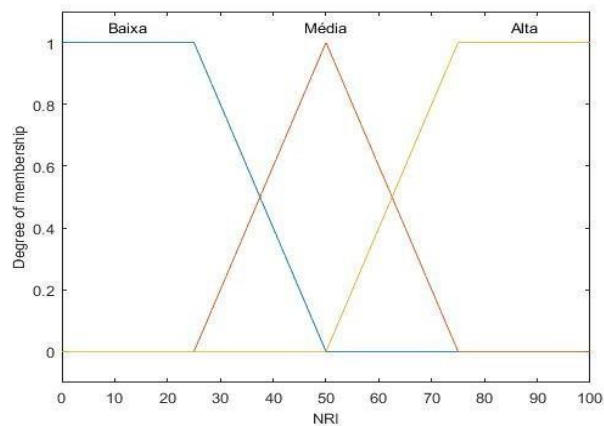
Figura 3.5 - Função de pertinência para variável de entrada CM



- **Necessidade de Reposição do Insumo (NRI) - Defuzzificação**

A variável linguística de saída “Necessidade de Reposição do Insumo” constitui três funções de pertinência, com formatos trapezoidais e triangular. A Figura 3.6, apresenta as estruturas trapezoidais e triangular, atendendo valores linguísticos: Baixa, Média, Alta, de acordo com a Tabela 3.3.

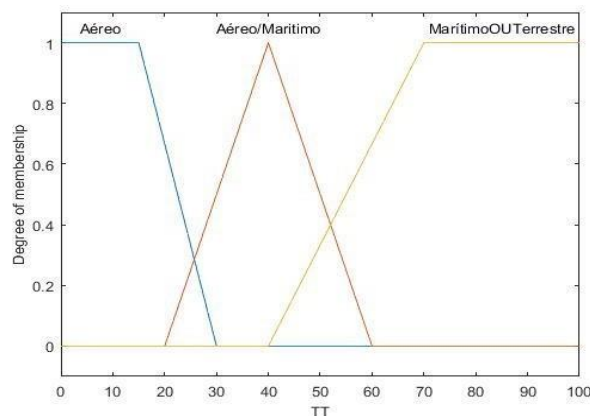
Figura 3.6 - Função de pertinência para variável de saída NRI



- **Tipo de Transporte (TT) - Defuzzificação**

A variável linguística de saída “Tipo de Transporte” constitui três funções de pertinência, com formatos trapezoidais e triangular. A Figura 3.7, apresenta as estruturas trapezoidais e triangular, atendendo valores linguísticos: Aéreo, Aéreo/Marítimo, MarítimoOUTerrestre, de acordo com a Tabela 3.3.

Figura 3.7 - Função de pertinência para variável de saída TT



Na Etapa 2.2 foram desenvolvidas as Regras de “Inferência”, e para tal, será utilizado para relacionar o tipo IF-THEN. A parte IF define, se a regra é válida para o presente caso ou não, na composição, cada regra define o resultado da avaliação para a parte THEN. Na parte THEN, define-se o resultado da avaliação para a regra, gerando um valor linguístico para o parâmetro de saída do respectivo bloco de inferência representado na arquitetura.

O conjunto de regras definem os procedimentos das variáveis de entradas, o seu formato é do tipo: Se (IF) = antecedente; Então (THEN) = consequente.

A base de regras foi desenvolvida a partir das variáveis e seus limites e resultou em 27 regras para a referida problemática.

Na Tabela 3.4 apresenta a base de regras encontradas durante a relação dos valores linguísticos.

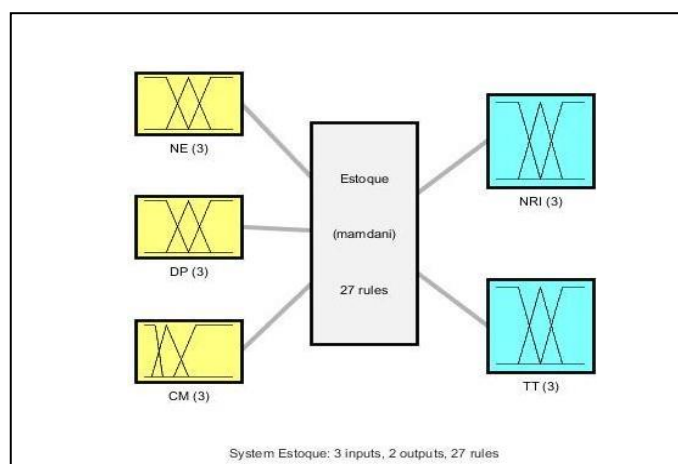
Tabela 3.4 - Base de Regras

REGRAS	ENTRADAS			SAÍDAS	
	NE	DP	CM	NRI	TT
1	Baixo	Baixa	Baixa	Baixa	MarítimoOUTerrestre
2	Baixo	Baixa	Média	Baixa	MarítimoOUTerrestre
3	Baixo	Baixa	Alta	Baixa	MarítimoOUTerrestre
4	Baixo	Média	Baixa	Alta	Aéreo
5	Baixo	Média	Média	Alta	Aéreo
6	Baixo	Média	Alta	Alta	Aéreo
7	Baixo	Alta	Baixa	Alta	Aéreo
8	Baixo	Alta	Média	Alta	Aéreo
9	Baixo	Alta	Alta	Alta	Aéreo
10	Médio	Baixa	Baixa	Baixa	MarítimoOUTerrestre
11	Médio	Baixa	Média	Baixa	MarítimoOUTerrestre
12	Médio	Baixa	Alta	Baixa	MarítimoOUTerrestre
13	Médio	Média	Baixa	Baixa	MarítimoOUTerrestre
14	Médio	Média	Média	Baixa	MarítimoOUTerrestre
15	Médio	Média	Alta	Baixa	MarítimoOUTerrestre
16	Médio	Alta	Baixa	Alta	Aéreo
17	Médio	Alta	Média	Alta	Aéreo
18	Médio	Alta	Alta	Alta	Aéreo
19	Alto	Baixa	Baixa	Baixa	MarítimoOUTerrestre
20	Alto	Baixa	Média	Baixa	MarítimoOUTerrestre
21	Alto	Baixa	Alta	Baixa	MarítimoOUTerrestre

22	Alto	Média	Baixa	Baixa	MarítimoOUTerrestre
23	Alto	Média	Média	Baixa	MarítimoOUTerrestre
24	Alto	Média	Alta	Baixa	MarítimoOUTerrestre
25	Alto	Alta	Baixa	Baixa	MarítimoOUTerrestre
26	Alto	Alta	Média	Baixa	Aéreo/Marítimo
27	Alto	Alta	Alta	Baixa	Aéreo/Marítimo

Na Etapa 2.3 da Segunda Fase e na Etapa 3.1 da Terceira Fase, foi empregado o Software MatLab R2016a - Fuzzy Toolbox para a Simulação/Compilação do algoritmo de agregação dos indicadores. A Figura 3.8, demonstra o controlador *fuzzy* para obtenção da Gestão de Estoque, onde o diagrama demonstra as interações que ocorrem no controlador, sendo que os primeiros blocos correspondem as 3 variáveis linguísticas de entrada (fuzzyficação): Nível de Estoque, Demanda Produtiva e Criticidade do Material, que refletem suas funções de pertinência. Já o bloco do meio mostra as 27 bases de regras resultantes. No terceiro bloco é apresentada a função de pertinência de saída (defuzzificação) a respeito da medição de Necessidade de Reposição de Insumo e Tipo de Transporte.

Figura 3.8 - Representação do Controlador Fuzzy para Gestão de Estoque



A Figura 3.8, foi determinada com base no conjunto de regras que lhes foi aplicada matematicamente, e estão conectadas por intermédio das regras linguísticas com base no conhecimento dos especialistas.

Na Etapa 3.2, com a utilização da Lógica *Fuzzy* foi possível desenvolver um sistema de inferência para avaliação da Gestão de Estoque nos processos voltados para a Empresa “X”. Foram definidas distribuições para cada variável de entrada, primordiais para nortear o grau de pertinência das funções, elaborar uma base regras que permitiu fazer a avaliação da tomada de decisão quanto a aquisição de materiais. Assim, cada variável (Nível de Estoque, Demanda

Produtiva e Criticidade do Material) demonstrou função com formato trapezoidal e triangular em concordância com as informações inseridas no sistema Matlab.

Na defuzzificação foram usadas 2 variáveis para saída (Necessidade de Reposição de Insumo e Tipo de Transporte), a função demonstrou o formato trapezoidal e triangular, e evidenciou os valores para variável saída, com base na Gestão de Estoque.

CAPÍTULO 4

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

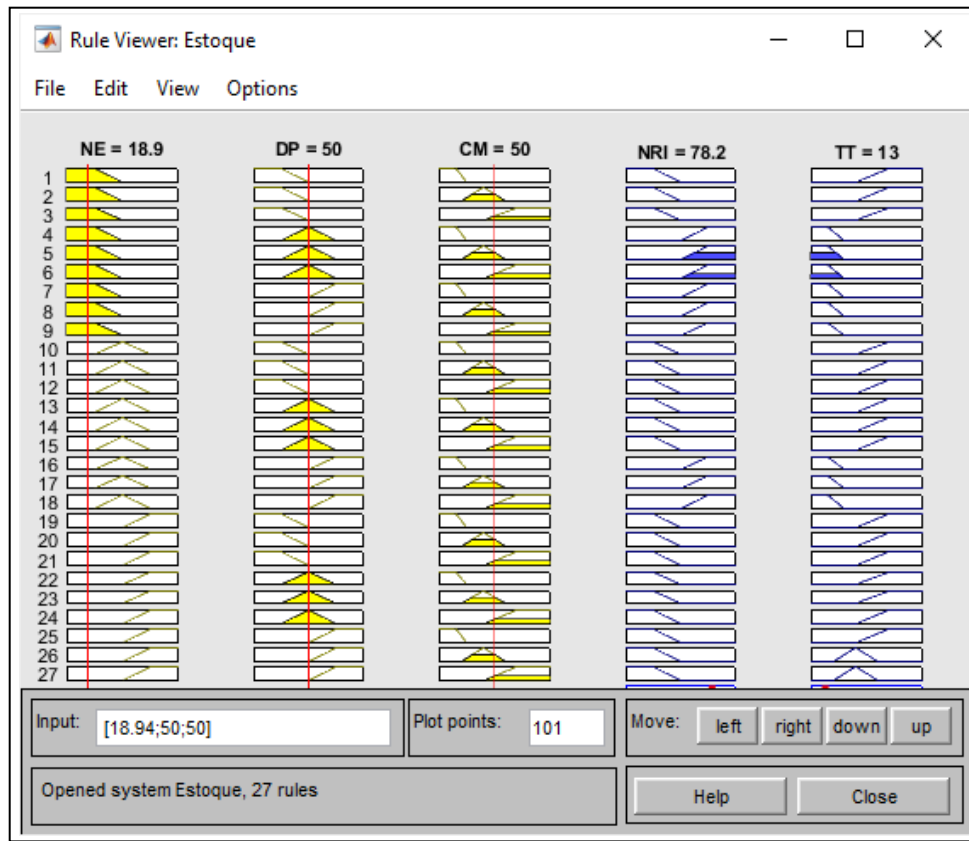
4.1 Resultados e Discussão

Com as regras definidas e funções de pertinência desenvolvidas anteriormente, pode-se exemplificar a seguinte situação de acordo com a Figura 4.1, que a variável “Nível de Estoque”, tem maior influência no impacto da Necessidade de Reposição do Insumo e Tipo de Transporte, percebida durante a simulação de combinação das variáveis, representando 18,90%. E as variáveis “Demanda Produtiva”, “Críticidade do Material” têm impacto equivalentes, por representar 50% de influência sobre a Necessidade de Reposição do Insumo e Tipo de Transporte na Gestão de Estoque.

Logo, o valor de 78,20% referente ao resultado da obtenção da Necessidade de Reposição do Insumo e 13,00% referente ao resultado da obtenção do Tipo de Transporte, conforme Figura 4.1, expõe a dinâmica com as variáveis linguísticas “Nível de Estoque”, “Demanda Produtiva”, “Críticidade do Material”, se compilaram durante a aplicação da lógica *fuzzy*, representando que informação tem impacto significativo no resultado final, o que configura que a necessidade imediata na reposição do insumo e no modo de transporte mais rápido.

De acordo com o visualizador de regras na Figura 4.1, foi ativado a regra 06, ficando da seguinte forma, **SE** “Nível de Estoque” = Baixo, “Demanda Produtiva” = Média, “Críticidade do Material” = Alta, **ENTÃO** Necessidade de Reposição do Insumo = Alta e Tipo de Transporte = Aéreo, com este cenário a Empresa “X” teria uma necessidade imediata na reposição do insumo e no modo de transporte mais rápido, tendo assim um custo elevado, impactando direto a Gestão de Estoque.

Figura 4.1 - Gráfico das Regras NRI Alta e TT Aéreo

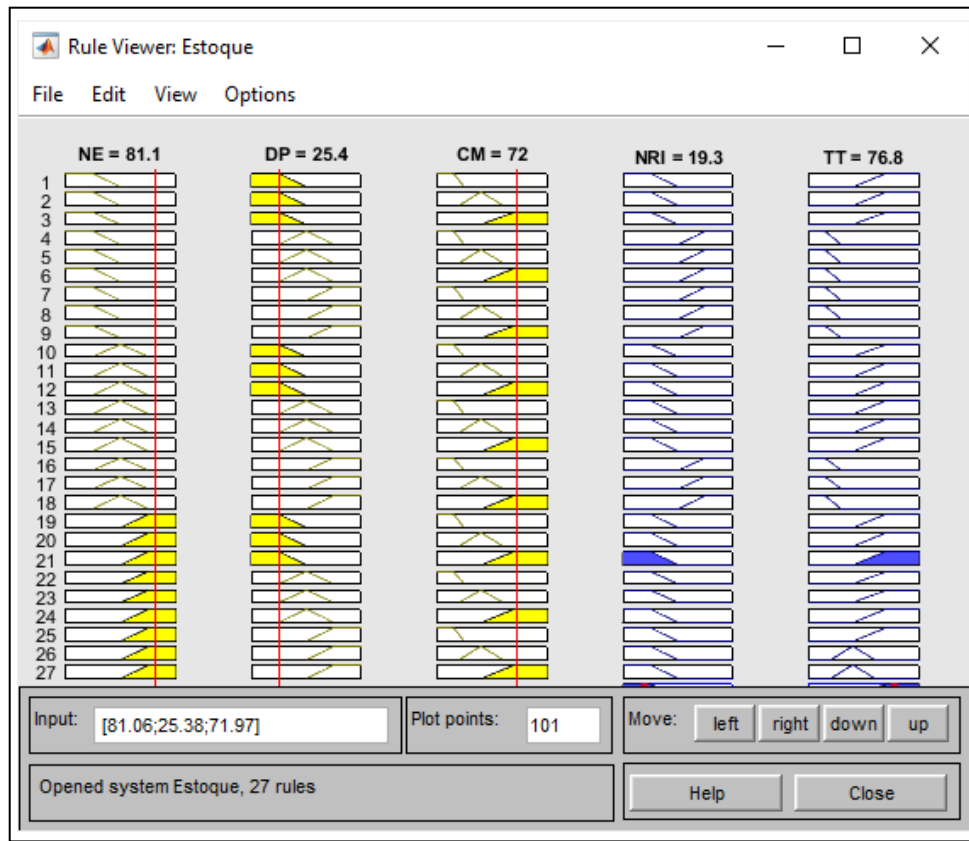


Com relação a Figura 4.2, o gráfico de regras representa Necessidade de Reposição do Insumo Baixa e Tipo de Transporte MarítimoOUTerrestre, uma vez que o índice ficou em 19,10% e 80,90% respectivamente, representando um nível de trabalho aceitável, nesse aspecto os valores linguísticos tenderam a mostrar um cenário favorável para a ideal Gestão de Estoque.

Nesse caso, a regra 21, mostra a seguinte forma, **SE** “Nível de Estoque” = Alto, “Demanda Produtiva” = Baixa, e “Críticidade do Material” = Alta **ENTÃO** Necessidade de Reposição do Insumo = Baixa e Tipo de Transporte = MarítimoOUTerrestre e as variáveis linguísticas ficaram da seguinte forma: “Nível de Estoque” 81,10% de impacto no resultado, “Demanda Produtiva” em torno de 25,40 % de relevância no resultado, “Críticidade do Material” ficou em 72,00 % com relação importância no resultado.

Com base nesse panorama, a Necessidade de Reposição do Insumo Baixa e Tipo de Transporte MarítimoOUTerrestre, uma vez que o índice ficou em 19,30% e 76,80% respectivamente é o cenário favorável para a Empresa “X” na Gestão de Estoque.

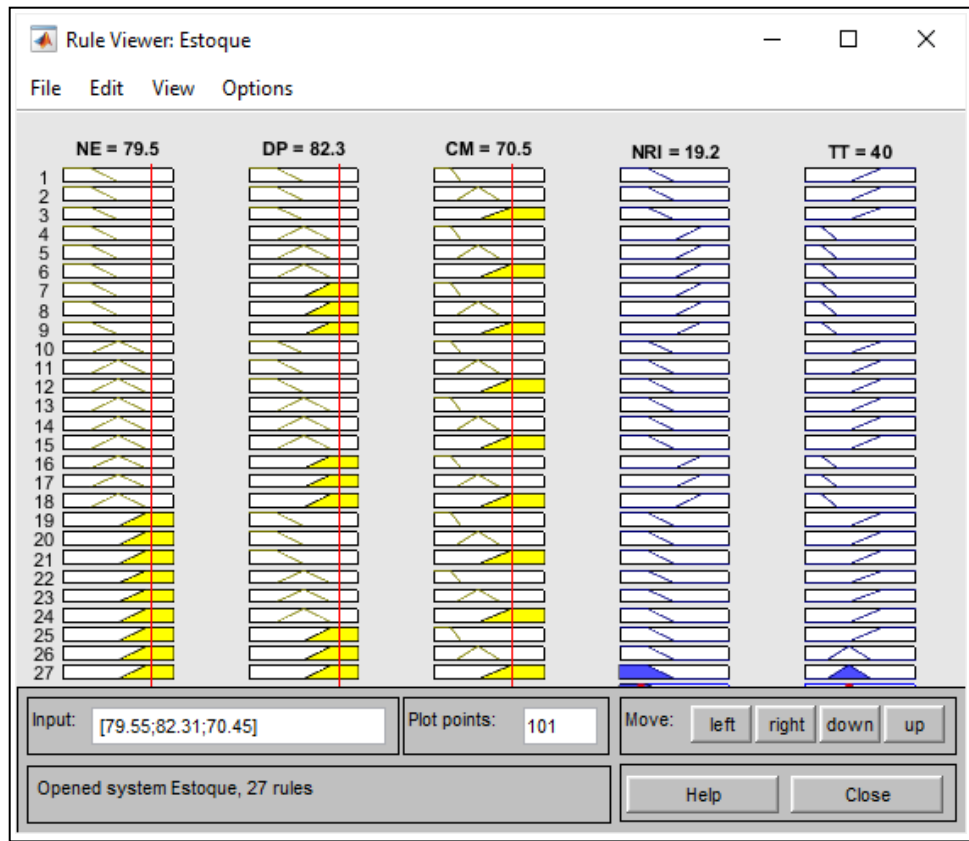
Figura 4.2 - Gráfico das Regras NRI Baixa e TT MarítimoOUTerrestre



A Figura 4.3, representa o valor da Necessidade de Reposição do Insumo Baixa e Tipo de Transporte Aéreo/Marítimo, uma vez que o índice ficou em 19,20% e 40,00% respectivamente, expondo que as variáveis linguísticas (Nível de Estoque, Demanda Produtiva e Criticidade do Material), quando bem ordenadas em nível alto, geram um processo propício a uma Gestão de Estoque de certa forma estável.

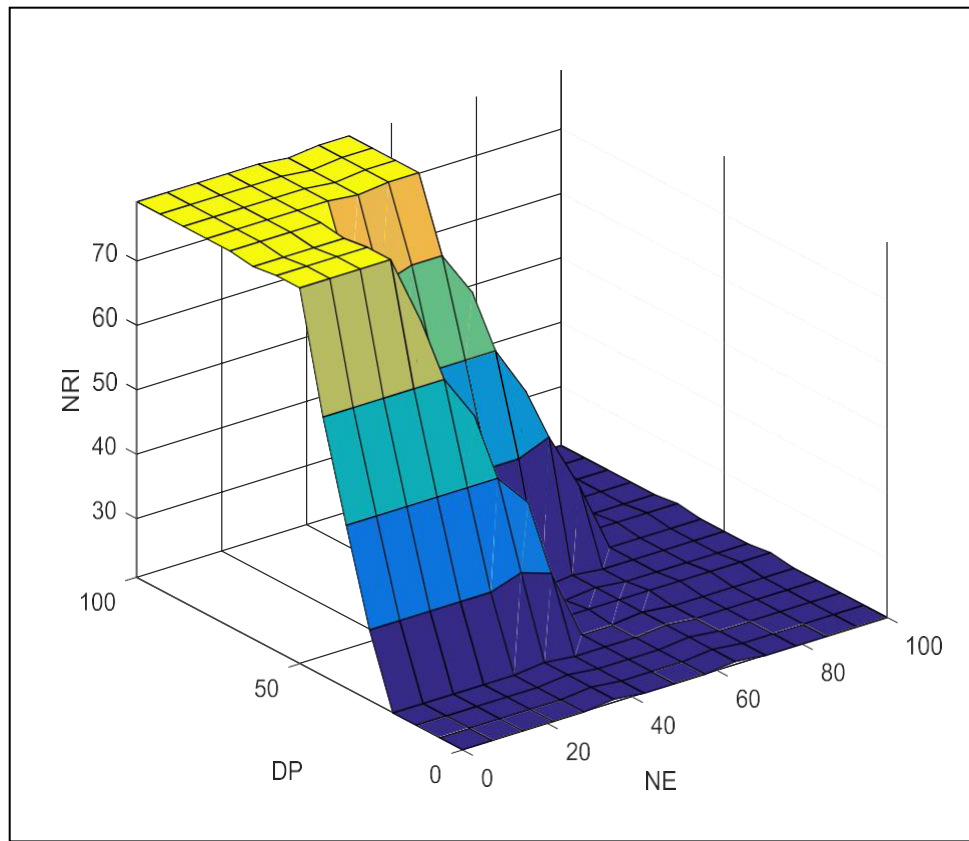
As variáveis linguísticas “Nível de Estoque” e “Demanda Produtiva” nesse cenário, apresentam uma variação em torno de 79,50% e 82,30% respectivamente, “Criticidade do Material” ficou em torno 70,50%, isso refletiu no resultado de forma favorável uma vez que Necessidade de Reposição de Insumo foi Baixa. Nesse sentido, a empresa “X” teria uma estrutura processual forte, já que os valores compreendidos quando trabalhados com sinergia configuram uma condição propicia a Gestão de Estoque Ideal, conforme a regra 27, onde **SE** “Nível de Estoque” = Alta, “Demanda Produtiva” = Alta, e “Criticidade do Material” = Alta **ENTÃO** Necessidade de Reposição do Insumo = Baixa e Tipo de Transporte = Aéreo/Marítimo.

Figura 4.3 - Gráfico das Regras NRI Baixa e TT Aéreo/Marítimo



A Figura 4.4, apresenta a simulação dos resultados em 3D, que permite observar a análise do comportamento das variáveis, e ajustar os conjuntos Fuzzy e as regras de “inferência”, de forma a expressar as características apresentadas pelos especialistas, durante a modelagem do problema.

Figura 4.4 - Gráfico 3D



A Figura 4.4, mostra que as variáveis NE (Nível de Estoque) e DP (Demanda Produtiva) influenciam diretamente na NRI (Necessidade de Reposição de Insumo).

Se o valor da variável NE (Nível de Estoque) é baixo, e DP (Demanda Produtiva) é baixa, a NRI (Necessidade de Reposição de Insumo) é baixa.

Se o valor da variável NE (Nível de Estoque) é baixo e DP (Demanda Produtiva) é alta, a NRI (Necessidade de Reposição de Insumo) é alta.

Se o valor da variável NE (Nível de Estoque) é alto e DP (Demanda Produtiva) é baixa, a NRI (Necessidade de Reposição de Insumo) é baixa.

A Empresa “X” atualmente não possui um procedimento estruturado para medição da Necessidade de Reposição de Insumo integrada com o Tipo de Transporte a ser utilizado na Gestão do Estoque, ocasionalmente a avaliação é feita de forma não experimental, ou seja, na experiência do cotidiano da organização.

Contudo, os cenários que resultaram em Necessidade de Reposição de Insumo Baixa seria o mais indicado para a referida Empresa “X”, pois estas conseguem refletir como as

variáveis linguísticas Nível de Estoque, Demanda Produtiva e Criticidade do Material têm impacto no alcance da ideal Gestão de Estoque.

Com relação à base de dados poderá ser aperfeiçoado, conforme surja novos dados experimentais a serem modelados.

CAPÍTULO 5

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1 CONCLUSÕES

De descrição da Gestão de Estoque da Empresa “X”, foi necessário fazer um mapeamento de todo o processo de fabricação, para que fosse possível entender quais etapas tinham influência direta, focando no objetivo de reduzir a falta de material em estoque. Esse mapeamento foi de suma importância a continuidade da pesquisa, pois a partir dele foi possível ter uma visão geral de quais eram as entradas e saídas de cada etapa.

A partir do Fluxograma de Compras de Materiais, foi possível identificar as variáveis mais significativas e relevantes que a partir dessas fosse possível ter um melhor controle sobre a Gestão do Estoque.

De posse das variáveis mais significativas de entrada e saída, foi possível criar modelos matemáticos baseados em Lógica Fuzzy para avaliar o nível ótimo de reposição de estoque, e assim desenvolver as regras de inferência Fuzzy para o modelo de reposição de estoque.

A aplicação do modelo desenvolvido, mostra que a avaliação da Gestão do Estoque através Necessidade de Reposição de Insumo e Tipo de Transporte a ser utilizado por meio da metodologia *fuzzy* mostrou-se viável para auxiliar as observações desejadas, permitindo compreender o impacto de cada variável linguística no resultado da pesquisa, apontando como a Empresa “X” pode utilizar as informações obtidas para melhoria da estrutura do seu processo Logístico, assim reduzindo a falta de material em estoque em decorrência do lead time.

Foi possível criar três situações, sendo que duas delas apresentaram possibilidade de sucesso para a Gestão do Estoque, o que permite que a Empresa “X” constitua parâmetros para reposição dos materiais no momento certo.

Na terceira situação o sistema de inferência *fuzzy* desenvolvido possibilitou visualizar que a Necessidade de Reposição de Material e Tipo de Transporte, elevará o custo operacional, de modo que é necessário propor ações/controles para minimizar os impactos negativos da falha da aquisição do material no momento certo.

Vale ressaltar que o estudo foi direcionado a apenas um setor da empresa em questão, o que delimita o sucesso da aplicação do método *fuzzy* para os demais ambientes da organização.

Nota-se também que as 3 variáveis linguísticas são dependentes umas das outras, pois nenhuma teve influência direta no que diz respeito ao alcance da ideal Gestão de Estoque.

A abordagem tem vantagem por não exigir um aparato mais complexo com relação a programação matemática, uma vez que os dados utilizam a linguagem subjetiva de classificação e o conhecimento do especialista para tratar e interpretar os dados. Portanto, considera-se que o objetivo inicial de propor uma metodologia diferenciada para avaliação da Gestão de Estoque que tenha como base a lógica *fuzzy* fora alcançado.

Para alcançar à Gestão de Estoque ideal em seus processos, a Empresa “X” deverá ajustar os pontos críticos encontrados durante a aplicação do sistema de inferência fuzzy, já que esses têm impacto relevante no resultado.

Nesse sentido, sugere-se um apropriado uso desta técnica com vistas a contribuir com a melhoria e alcance dos processos ideias nos diversos segmentos empresariais.

A utilização da Lógica Fuzzy constitui, portanto, uma ferramenta de fácil, porém dinâmica de se alcançar resultados mais velozes sobre sua gestão de estoque, possibilitando assim adequação as necessidades impostas pelo mercado, uma vez, que, auxilia o controle de materiais visando reduzir ao máximo o capital investido no estoque.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Recomenda-se, para pesquisas futuras, a análise de itens estocados, atrelado ao estudo de custos, e a capacidade de produção da empresa para realização da definição do tamanho do lote de reposição ideal para as necessidades da organização.

Sugere-se também a análise de outros itens importantes para o ressuprimento, como a matéria-prima utilizada. Com isso o estudo aprofundado sobre fornecedores, custos e tempo de ressuprimento dessas matérias-primas são essenciais para manutenção do nível de serviço ofertado.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, Henrique. *Revisão de Sistemas de Inferência Fuzzy Aplicados a Decisões de Alocação de Estoque*. 2016. 53 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Instituto Coppead de Administração, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- ACCIOLY, Felipe; AYRES, Antonio; SUCUPIRA, Cezar. *Gestão de estoques*. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2018.
- ALVES, Gian da Anunciação; BUENO, Steffan Antonio. *Aplicação das ferramentas de gestão de estoques para análise no setor de nutrição e dietética em uma empresa hospitalar do oeste catarinense*. Revista Tecnológica UCEFF – 2018.
- ARNOLD, J.R.T. *Administração de Materiais, uma introdução* São Paulo, Atlas, 2018.
- BALLOU, R. H. *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial/ Ronald H. Ballou; tradução Raul Rubenich. 5ª Edição*. Porto Alegre: Bookman. 2016.
- BEZERRA, Geyne Lohana Gonçalves. *Gerenciamento de estoque: uma análise da aplicação da curva ABC em uma distribuidora de eletrodomésticos*. - 2020. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Alagoas.
- CHING, Honh Y. *Gestão de estoques na cadeia de logística integrada*. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2021.
- CHOPRA, S., & MEINDL, P. *Gestão da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operações*. Pearson. 2021.
- CORRÊA, H. L. GIANESI, I. G. N. e CAON, M. *Planejamento, Programação e Controle da Produção/ MRP II / ERP 5ª Edição*. 9 Reimpressão, São Paulo: Atlas. 2016.
- FACCHINI, Eduardo; DA SILVA, Juliano Rubens; LEITE, Vitor Machado. *Curva abc e estoque de segurança*. South American Development Society Journal, [S.l.], v. 5, n. 13, p. 73, abr. 2019.
- GARCIA, E. R; L.; MACHADO, L. & FERREIRA F.V.J. *Gestão de estoques: otimizando a logística e a cadeia de suprimentos*. Rio de Janeiro: E-papers, 2006.
- GASNIER, Daniel Georges; Benzato, Eduardo; Carilli, Edson; Mendes, Jerônimo; Tomaselli, Mauro; Moura, Reinaldo A. *Gestão de estoques e suprimentos na cadeia de abastecimento*, São Paulo: 2º Edição, Imam, 2018.
- HILLEBRAND, L.H. *Proposta de modelos para gestão de estoques das principais matérias-primas utilizadas no processo produtivo de condimentos alimentícios*. Trabalho de Conclusão de curso. Centro Universitário UNIVATES. 2016.

LOSILLA, Fabrício Aparecido Cano; VALENTE, Carlos Magno de Oliveira. Análise de Sistema de Gestão de Estoques Por Meio de Curva ABC e Inventário Cíclico: Estudo de Caso em uma Indústria no Setor Automobilístico. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Edição 08. Ano 02, Vol. 03. pp 05-17, novembro de 2017.

MACHADO, O. A. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos Reparáveis. Editora Cia do Ebook. 2017.

MORÉ, Jesús Domech. Aplicação da lógica Fuzzy na avaliação da confiabilidade humana nos ensaios não destrutivos por ultra-som. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, 2018.

MOURA, Cassia. Gestão de Estoques: Ação e monitoramento na cadeia de logística integrada. Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda, 2018.

REIS, Lázaro Ricardo Costa. Inventário De Materiais Diretos, Uma Atividade Fundamental Para Uma Gestão de Estoque Eficaz – Caso Iveco/Fiat.. Dissertação do Curso de Mestrado em Engenharia Civil. - UFSC, 2019.

RODRIGUES, P. R. A. Gestão estratégica da Armazenagem. 3 Edição. São Paulo: Aduaneiras.2017.

ROSA, Rodrigo de Alvarenga. Gestão de operações e logística I. Departamento de Ciências da Administração / UFSC; [Brasília]: CAPES: UAB, 2021.

SILVA, M. L. V., LOOS, M, J. A importância da utilização de indicadores de desempenho de gestão de estoques na logística de suprimentos de uma indústria calçadista. Revista FFBusiness – Fortaleza – V.14, – Nº 17 – jan. 2016.

SLOMINSKI, J. C., A importância da realização da gestão de estoque em pequenas empresas: estudo de caso em pequena indústria de artefatos em acrílico de Curitiba. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Paraná. 2016.

SANTOS, Tiago Silva dos; COSTA, Danielle Rodrigues Monteiro da; ALVES, Lucas Fialho Alves; ROCHA, Nathalia de Souza; SOUSA, Samantha Costa. Aplicação de ferramentas da gestão de estoque e custo: um estudo de caso em uma loja de artigos e acessórios para automóveis em Marabá-PA. Revista Latino- Americana de Inovação e Engenharia de Produção, v.5. n.8. p.98-116, 2017.

SEBRAE - 5 Tendências no mercado de alimentação saudável. Disponível em: YIN, Robert K. Pesquisa qualitativa do início ao fim. Penso Editora, 2018.

VIEIRA, Midiã. Avaliação da gestão de estoques em um supermercado de Cacoal/RO / Midiã Vieira. -- Cacoal, RO, 2019.