



SISTEMA DE INFERÊNCIA *FUZZY* PARA TOMADA DE DECISÃO EM GESTÃO  
DE ESTOQUES DA CADEIA DE SUPRIMENTOS DE UMA INDÚSTRIA  
MOVELEIRA COLOMBIANA

Silvia Nathalia Cáceres Quijano

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Alberto Gabbay Canen

Rio de Janeiro

Abril de 2013

SISTEMA DE INFERÊNCIA *FUZZY* PARA TOMADA DE DECISÃO EM GESTÃO  
DE ESTOQUES DA CADEIA DE SUPRIMENTOS DE UMA INDÚSTRIA  
MOVELEIRA COLOMBIANA

Silvia Nathalia Cáceres Quijano

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO  
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA  
(COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE  
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE  
EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Examinada por:

---

Prof. Alberto Gabbay Canen, D.Sc.

---

Prof<sup>a</sup>. Iara Tammela

---

Prof. Carlos Alberto Nunez Cosenza

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL  
ABRIL DE 2013

Quijano, Silvia Nathalia Cáceres

Sistema de inferência *Fuzzy* para tomada de decisão em gestão de estoques da cadeia de suprimentos de uma indústria moveleira colombiana / Silvia Nathalia Cáceres Quijano. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2013.

XIV, 95 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Alberto Gabbay Canen

Dissertação (Mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Produção, 2013.

Referências Bibliográficas: p. 82-85.

1. Lógica *Fuzzy*. 2. Tomada de Decisão. 3. Gestão de Estoques. I. Canen, Alberto Gabbay II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Produção. III. Título.

Dedicatória

*Aos meus pais, irmãos e meu **esposo** por incentivar e apoiar incondicionalmente cada momento da minha vida.*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Alberto Gabbay Canen, pela oportunidade oferecida de me orientar e possibilitar cursar meus estudos de Mestrado no Programa de Engenharia de Produção.

Aos professores Francisco José Castro Moura Duarte e Carlos Alberto Nunes Cosenza, por terem aceitado participar de minha banca de qualificação e pelas observações e dicas que me auxiliaram na finalização deste trabalho.

Aos membros da banca, Prof<sup>a</sup>. Iara Tammela e Prof. Carlos Alberto Nunes Cosenza agradeço a gentileza de aceitarem o convite e participarem deste processo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, por me apoiar economicamente como pesquisadora durante o desenvolvimento do mestrado.

A Linha de Pesquisa GI e ao programa de Engenharia de Produção, seus membros Prof. Samuel, Fátima, Zui, Roberta e Claudete.

A todas as pessoas da minha família, em especial aos meus pais Orlando e Luz Stella, os meus irmãos Fabian e Mafe, e o meu esposo Cesar por incentivar e apoiar em todo momento o meu trabalho.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

SISTEMA DE INFERÊNCIA *FUZZY* PARA TOMADA DE DECISÃO EM GESTÃO DE ESTOQUES DA CADEIA DE SUPRIMENTOS DE UMA INDÚSTRIA MOVELEIRA COLOMBIANA

Silvia Nathalia Cáceres Quijano

Abril/2013

Orientador: Alberto Gabbay Canen

Programa: Engenharia de Produção

Na era da globalização, as organizações concorrem entre si através de suas cadeias de suprimento, criando redes complexas de fornecedores, centros de distribuição de bens e gerando fluxos de produtos e informação. Esses fluxos devem ser efetivos no seu desempenho por meio de uma adequada sincronização para conseguir níveis de serviço que excedam as expectativas dos clientes, e eficiência em custos para gerar valor às organizações. Sincronizar adequadamente os fluxos de produtos e informação nas organizações requer técnicas ou processos que facilitem seu alcance. Por esta razão, é apresentada a gestão de estoques utilizando a Lógica *Fuzzy* como meio que, além de regular as necessidades de produção, minimizar os custos e realizar o planejamento e controle dos estoques, permita aproveitar níveis de incerteza e inferir do processo produtivo a melhor decisão, baseada em um conjunto de regras e representada em variáveis linguísticas como elementos de entrada e saída em uma empresa pertencente à indústria moveleira. Baseado no modelo desenvolvido e aplicado por Rotshtein *et al*, 2003 para realizar planejamento, controle e gestão de estoques, foi proposta o sistema de inferência *Fuzzy*, onde inicialmente foi utilizado o preço unitário de venda, as quantidades vendidas e a participação do produto nas vendas para obter a classificação do produto que por sua vez se converteu na primeira entrada dos sistema de tomada de decisão junto com o estoque final e as quantidades pendentes nas vendas, entregando como resposta a ação a tomar. Posteriormente foram incluídos os custos de produção, para que o modelo pudesse determinar os tempos adequados para que as decisões do sistema fossem tomadas e o sistema favorecesse o objetivo que se almejava, que era melhorar o desempenho do processo produtivo da empresa objeto de estudo; finalmente foram simulados os primeiros testes com o fim de estabelecer o desempenho do sistema proposto, obtendo sucesso na sua aplicação.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

FUZZY INFERENCE SYSTEM FOR DECISION MAKING IN INVENTORY  
MANAGEMENT OF A FURNITURE INDUSTRY COLOMBIANA

Silvia Nathalia Cáceres Quijano

April/2013

Advisors: Alberto Gabbay Canen

Department: Production Engineering

In the era of globalization, organizations compete with each other through their supply chains, creating complex networks of suppliers, distribution centers and generating products and information flows. These flows should be effective in their performance through proper synchronization to achieve service levels that exceed customer expectations and cost efficiency to create value to organizations. Properly synchronize the flow of products and information in organizations requires techniques or processes that facilitate their reach. For this reason, we present the inventory management using fuzzy logic as a means that in addition to regulating the production needs, minimize costs and carry out the planning and control of inventory, enables use uncertainty and infer levels of the production process the best decision, based on a set of rules represented in this process and linguistic variables as input and output elements in a company belonging to the furniture industry. Based on the model developed and applied by Rotshtein *et al*, 2003 to conduct planning, control and inventory management, we proposed the fuzzy inference system, where initially was used unit sales price, the quantities sold and participation in product sales for the classification of the product which in turn became the first entry of the system of decision-making along with the ending inventory and the amounts outstanding sales, delivering an answer to take. Later production costs were included, so that modeling knew the right time to make the decisions and favoring the objective system to improve performance in the production process of the company under study; finally were simulated early tests in order to establish the performance of the proposed system to achieve success in its implementation.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 CARACTERIZAÇÃO DO TEMA DE PESQUISA .....	2
1.2 OBJETIVOS .....	3
1.2.1 Objetivo geral.....	4
1.2.2 Objetivos específicos .....	4
1.3 METODOLOGIA.....	5
1.4 ROTEIRO METODOLÓGICO .....	8
1.5 JUSTIFICATIVA .....	9
1.6 DIVISÃO E DISTRIBUIÇÃO DO TRABALHO .....	10
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>11</b>
2.1 ESTOQUES .....	19
2.1.1 Classificação dos estoques .....	20
2.1.2 Funcionalidade dos estoques.....	22
2.2 A GESTÃO DE ESTOQUES.....	23
2.2.1 Objetivos da gestão de estoques.....	24
2.3 MÉTODOS, MODELOS, TÉCNICAS E SISTEMAS DE GESTÃO DE ESTOQUES .....	25
2.3.1 Curva ABC.....	25
2.3.2 Lote econômico de compra .....	26
2.3.3 Just in Time (JIT).....	27
2.3.4 Time-based Competition (TBC) .....	28
2.3.5 Fluxo descontínuo de material .....	28
2.3.6 Fluxo contínuo de material .....	29
2.3.7 Fluxo sincrônico de material.....	29
2.3.8 Balanceamento de capacidade .....	30
2.3.9 Material Requirement Planning (MRP) .....	30
2.3.10 Optimized Production Technology (OPT).....	31
2.3.11 Electronic Data Interchange (EDI) .....	31
2.3.12 Efficient Consumer Response (ECR) .....	32
2.3.13 Vendor Managed Inventory (VMI).....	32
2.3.14 Continuous Replenishment (CR) .....	33
2.3.15 Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment (CPFR).....	34
2.3.16 Modelo Supply-Chain Operations Reference model (SCOR).....	35



2.4	A LÓGICA FUZZY .....	38
2.4.1	Conjuntos Fuzzy .....	41
2.4.2	Funções de pertinência.....	44
2.4.3	Variáveis linguísticas .....	45
2.4.4	Sistemas Fuzzy.....	46
2.4.5	Operações entre conjuntos Fuzzy .....	47
2.4.6	Propriedades dos Conjuntos.....	49
<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>51</b>
3.1	OBJETO DE ESTUDO .....	51
3.2	A INDUSTRIA MOVELEIRA NA COLÔMBIA .....	55
3.3	SISTEMA DE INFERÊNCIA FUZZY.....	56
3.1.1	Classificador Fuzzy.....	57
3.1.2	Sistema de Tomada de Decisão .....	64
3.2	CÁLCULO DA UTILIDADE .....	73
3.3	RESULTADOS OBTIDOS .....	75
<b>4.</b>	<b>CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS .....</b>	<b>81</b>
<b>5.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>83</b>
<b>6.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>90</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Gestão de estoques e o fluxo de material .....	24
Figura 2. Sistema de Inferência <i>Fuzzy</i> .....	42
Figura 3. Lógica Difusa VS Lógica Clássica .....	43
Figura 4. Algumas das funções utilizadas (a) Triangular .....	44
Figura 5. Funções de pertinência para variável altura .....	45
Figura 6. União de conjuntos <i>Fuzzy</i> .....	48
Figura 7. Intersecção em um conjunto <i>Fuzzy</i> .....	48
Figura 8. Complemento em um conjunto <i>Fuzzy</i> .....	49
Figura 9. Localização das sucursais da empresa objeto de estudo .....	53
Figura 10. Serviços oferecidos pela empresa objeto de estudo .....	53
Figura 11. Produtos oferecidos pela empresa objeto de estudo .....	54
Figura 12. Sistema de Inferência <i>Fuzzy</i> proposto .....	57
Figura 13. Modelo Classificador <i>Fuzzy</i> .....	59
Figura 14. Implementação do Classificador <i>Fuzzy</i> em <i>Simulink</i> .....	59
Figura 15. Variável linguística de entrada “Preço por Unidade de Venda” .....	61
Figura 16. Variável linguística de entrada “Quantidades Vendidas” .....	61
Figura 17. Variável Linguística de entrada “Participação nas Vendas” .....	61
Figura 18. Variável Linguística de saída “Classificador ABC” .....	62
Figura 19. Regras e superfícies de controle geradas em <i>Matlab</i> .....	63
Figura 20. Modelo de Tomada de Decisão .....	65
Figura 21. Implementação do Modelo de Tomada de Decisão <i>Fuzzy</i> em <i>Simulink</i> .....	65
Figura 22. Variável Linguística de entrada “Classificador ABC” .....	66
Figura 23. Variável Linguística de entrada “Estoque Final” .....	67
Figura 24. Variável Linguística de entrada “Pendentes” .....	68
Figura 25. Regras geradas em <i>Matlab</i> .....	72
Figura 26. Superfícies geradas em <i>Matlab</i> .....	73
Figura 27. Diagrama de blocos para o cálculo da utilidade .....	74
Figura 28. Produtos utilizados para as simulações .....	76
Figura 29. Modelo de Tomada de Decisão para o produto MDF .....	77
Figura 30. Modelo de Tomada de Decisão para o produto Dobradiças .....	78
Figura 31. Modelo de Tomada de Decisão para o produto Cola .....	79

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Base de Dados da CAPES (ACM Digital Library, Emerald Fulltext, Science Direct (Elsevier), Scopus, Web of Science, Wiley Online Library).....	12
Tabela 2. Base de Dados da CAPES do Banco de Teses .....	17
Tabela 3. Operações com conjuntos <i>Fuzzy</i> .....	47
Tabela 4. Classificação das empresas ano 2012 na Colômbia .....	51
Tabela 5. Classificação das empresas no Brasil .....	52
Tabela 6. Características do Sistema <i>Fuzzy</i> Classificador.....	58
Tabela 7. Regras geradas a partir dos termos linguísticos.....	63
Tabela 8. Características do Sistema de Tomada de Decisão.....	64
Tabela 9. Conjunto de regras para a Tomada de Decisão .....	70
Tabela 10. Dados para simulação de Madeira MDF .....	76
Tabela 11. Dados para simulação de Dobradiça.....	76
Tabela 12. Dados para simulação de Cola Carpincol.....	77
Tabela 13. Resultados comparativos dos modelos simulados para Dobradiças.....	78
Tabela 14. Resultados comparativos dos modelos simulados para Cola Carpincol.....	79
Tabela 15. Resultados comparativos dos modelos simulados para Madeira MDF .....	80

# 1. Introdução

A gestão de estoques tem sido considerada um assunto vital no gerenciamento das cadeias de suprimentos. Quanto pedir? Quando pedir? Quanto manter em estoques de segurança? Onde alocar os estoques? São questões que esse gerenciamento deve permanentemente responder, com base nas características de produção para satisfazer aos clientes, fornecedores e demais integrantes da cadeia. Segundo a literatura, a gestão de estoques permite criar diferenciação em relação aos concorrentes, melhorar a qualidade dos produtos e serviços, reduzir tempos e diminuir custos, de forma a obter resultados positivos refletidos em vantagens competitivas para a empresa.

Para Wanke (2003), a importância atribuída à gestão de estoques como elemento fundamental para redução e o controle de custos totais e melhoria do nível de serviço prestado pela empresa é crescente, uma vez que o estoque aparece na cadeia de valor em diversas formas (matérias-primas, produtos em processamento e produtos acabados) e características, e exige, para cada forma, procedimentos distintos de planejamento e controle, influenciando significativamente na gestão.

A literatura sobre o tema apresenta técnicas para realizar a gestão de estoques nas organizações, que vêm sendo utilizadas com sucesso apesar da complexidade da natureza dessas atividades, de suas características de dinamicidade, da agilidade nas cadeias de suprimentos e da quantidade de variáveis contidas na tomada de decisão. Há, entretanto, casos em que o desenvolvimento dessas técnicas não é suficiente e para os quais a Lógica *Fuzzy* representa uma alternativa, que possibilita inferir do processo produtivo as melhores decisões empregando a experiência dos especialistas.

Segundo Mendiburu (2008) a Lógica Fuzzy favorece a tomada de decisão no concernente aos negócios, o campo da administração e a gestão, por ser uma das ferramentas da inteligência artificial que emprega a experiência do ser humano para gerar raciocínio. Assim, é fácil representar um sistema de gestão através de um modelo matemático não linear, fazendo uso de variáveis linguísticas e certas condições ou regras previamente definidas.

Dita metodologia trata de emular a experiência adquirida por um ou mais seres humanos ao longo do tempo, este sistema terá em sua memória uma base de dados com múltiplas soluções a um mesmo problema, depois o sistema terá que escolher de entre essas soluções a que melhor possa aplicar-se a fim de alcançar os melhores resultados.

Dessa forma o presente trabalho tem como proposta o desenvolvimento de um sistema de inferência *Fuzzy* para tomada de decisão em gestão de estoques de uma indústria moveleira localizada em Bucaramanga Colômbia, com o intuito de melhorar o desempenho de sua cadeia de suprimentos.

### **1.1 Caracterização do tema de pesquisa**

Segundo Pires (2009) a competitividade das empresas no mundo globalizado exige uma correta manutenção dos estoques, sendo fundamental manter apenas as quantidades necessárias para a produção, buscando a diminuição dos custos, a diferença com os concorrentes, a qualidade, a redução de tempos, entre outros fatores, para oferecer assim, um diferencial à organização.

Dessa forma, o autor acrescenta que se faz necessária uma correta gestão de estoques na cadeia de suprimentos que ajude as organizações a entender suas deficiências neste campo e solucionar seus problemas levando em conta as

características de seu sistema produtivo, estabelecendo as medidas de controle de produção e evoluindo na relação cliente-fornecedor para alcançar o sincronismo total da cadeia produtiva.

Diante da anterior definição, a pesquisa do presente trabalho será focada em estudar a gestão de estoques e a Lógica *Fuzzy*, pois pretende identificar, através do acervo de conhecimento existente, os principais métodos de gestão de estoques e modelos para tomada de decisão utilizando a Lógica *Fuzzy* a fim de projetar um sistema de inferência que ajude a melhorar o desempenho na cadeia de suprimento da empresa objeto de estudo alcançando o sincronismo total exposto pelo autor anteriormente.

Para Booth *et al* (2008) no desenvolvimento de uma pesquisa é preciso inicialmente a passagem de um tópico de interesse para uma questão de pesquisa, que permita declarar o tema de maneira específica ou limitada o suficiente para focar a investigação, salvar de recolher dados irrelevantes e que o autor se imagine sendo um especialista no assunto. Nesse sentido, o tema deve ser relevante, principalmente para o próprio autor.

Dessa forma, o escopo geral do desenvolvimento da pesquisa é direcionado fundamentalmente por uma pergunta: Como desenvolver um sistema de inferência *Fuzzy* para tomada de decisão em Gestão de Estoques que melhore o desempenho na cadeia de suprimentos da empresa objeto de estudo?

## **1.2 Objetivos**

Os objetivos da proposta de pesquisa serão apresentados distinguindo dois tipos: Os Objetivos Gerais e os Objetivos Específicos. Referem-se por Gerais, aqueles mais amplos do trabalho, as metas de longo alcance e as contribuições que se desejam

oferecer com a execução da pesquisa. Como específicos, estão aqueles que antecedem ou delimitam metas para o alcance dos Objetivos Gerais, sendo eles os que somados, conduzirão ao desenlace do objetivo geral.

### **1.2.1 Objetivo geral**

O objetivo geral desse projeto foi o desenvolvimento e apresentação de um sistema de inferência *Fuzzy* para tomada de decisão em gestão de estoques que melhorara o desempenho da empresa objeto de estudo situada em uma cadeia de suprimentos imediata da indústria moveleira da Colômbia.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

O objetivo Geral contém os seguintes objetivos específicos:

- Analisar os principais conceitos, abordagens e políticas existentes na literatura, sobre gestão de estoques e gestão da cadeia de suprimentos.
- Identificar os conceitos, abordagens e modelos existentes na literatura de Lógica *Fuzzy* para gestão de estoques e tomada de decisão.
- Testar o sistema de inferência *Fuzzy* proposto para realizar a tomada de decisão na gestão de estoques da empresa objeto de estudo aproveitando o histórico dos dados aportados e a experiência dos especialistas.
- Comparar os resultados obtidos com os dados aportados pela empresa, identificando a melhoria do desempenho na cadeia de suprimentos.
- Sugerir novas aplicações da Lógica *Fuzzy* no campo da gestão de estoques para desenvolver futuros trabalhos.

### **1.3 Metodologia**

Na visão de Marconi e Lakatos (2010) a especificação metodológica de uma pesquisa possui os seguintes elementos: o método de abordagem (dedutivo, indutivo, hipotético-dedutivo e o dialético), os métodos de procedimento (histórico, comparativo, monográfico ou estudo de caso, estatístico, tipológico, funcionalista e estruturalista), as técnicas (documentais, bibliográficas, observação, entrevista, questionário, formulário, medidas de opinião, testes, sociometria, história da vida, análise de conteúdo e pesquisa de mercado), a delimitação do universo ou descrição da população e o tipo de amostragem.

Assim, o presente trabalho tem como método de abordagem o indutivo, onde se almeja chegar a conclusões de conteúdo mais amplo ou mais geral do que as premissas ou pressupostos em que se baseia, através da observação dos fenômenos, a descoberta da relação entre eles e a generalização da relação descoberta.

Dessa forma, a presente pesquisa se baseia num fenômeno identificado através do vínculo laboral mantido com a empresa objeto de estudo, durante a prestação de serviços de auditoria, e confirmados com a implementação do estudo de caso, especificamente na aplicação dos questionários, e a interação com os especialistas da empresa encarregados pela manutenção dos estoques via Skype e E-mail.

Foi estabelecida então como principal problemática o sobre abastecimento e desabastecimento dos itens no almoxarifado ao longo do ciclo produtivo, devido à carência de um sistema de controle de estoques adequado ou a falta de melhorias ao sistema MANAGER existente na empresa, considerando que o mesmo não integrava todos os componentes do ciclo produtivo; por tanto não conseguia informar apropriadamente quando a empresa tinha falta de itens e um pedido não podia ser atendido ou quando se tinham suficientes itens e a decisão era não pedir.



Dessa forma, o pessoal responsável do controle dos estoques não conseguia identificar os faltantes ou sobrantes em muitas ocasiões, dificultando a classificação do produto, a atribuição de custos e o correto tratamento dos itens dentro da empresa.

Devido à relação entre o fenômeno apresentado, as prováveis causas e as apreciações dos especialistas da empresa, foi proposta como alternativa para solucionar o problema, o desenvolvimento e aplicação de um sistema de inferência Fuzzy para tomada de decisão em gestão de estoques.

A razão da utilização da Lógica Fuzzy é justificada por diversos fatores: pela funcionalidade e facilidade para descrever a situação numa linguagem natural e convertê-lo para um formato numérico de fácil manipulação segundo Malutta (2004), pela capacidade de integrar as características do ciclo produtivo com muito mais detalhe; a experiência humana dos encarregados do tratamento e manutenção dos estoques na empresa; e os históricos de dados com o comportamento dos itens dentro do processo produtivo, mediante a geração de variáveis linguísticas e uma série de condições ou regras previamente definidas que facilitam a tomada de decisão, e pela eficiência na sua aplicação em sistemas de controle segundo Tanscheit (1995).

Inicialmente, foi realizada a classificação dos itens acabados do almoxarifado segundo o preço unitário de vendas, as quantidades vendidas, a participação do produto nas vendas respeitando os mesmos parâmetros da empresa para dita seleção. Em seguida, foram feitos testes preliminares do modelo com a utilização do software *Matlab*, até obter a classificação do produto nessa primeira etapa; foram escolhidos só três produtos acabados (Madeira MDF, Dobradiças, e Cola Carpincol) pertencentes a cada classe de produto (A,B,C) respectivamente para facilitar a continuidade e o manejo dos dados no sistema de inferência.

Posteriormente, foram considerados os níveis de estoques existentes e as quantidades pendentes nas vendas contidos nos históricos desde 1 de Fevereiro de 2011 até 31 de Dezembro do mesmo ano, para determinar as decisões a tomar para cada situação.

Finalmente foram incluídos os custos de produção (Custo de estocagem, custo de compra e custo de depósito) para realizar a validação dos resultados obtidos, desenvolvendo na plataforma *Matlab* e com base na programação visual *Simulink*, o cálculo da utilidade em um período de tempo estabelecido para confirmar se o sistema favorecia o objetivo que se almejava de melhorar o desempenho no processo produtivo da empresa objeto de estudo.

Por outro lado e com relação aos métodos de procedimento, que segundo Marconi e Lakatos (2010), compõem as etapas mais concretas da investigação com finalidade mais limitada em termos de explicação geral dos fenômenos e menos abstrata; foi empregado para o presente trabalho o método do estudo de caso, definido por Yin (2005, p.32) como “uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro do seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos”.

Com relação às técnicas mencionadas por Marconi e Lakatos (2010), estão sendo empregadas as pesquisas documental e bibliográfica, como artigos, bibliotecas virtuais e livros para realizar os capítulos teóricos com ajuda da Base CAPES como é apresentado no início da revisão da literatura. Além da assistência a diferentes encontros via Skype, conversações e orientações com especialistas na indústria moveleira e Lógica *Fuzzy* e a aplicação dos questionários aos especialistas da empresa objeto de estudo foram feitos como base para o desenvolvimento da aplicação do sistema de inferência *Fuzzy* proposto.

#### 1.4 Roteiro Metodológico

A metodologia exposta anteriormente foi realizada com base no seguinte roteiro:

- a. Realizar uma revisão bibliográfica sobre a história, os principais conceitos, abordagens e políticas existentes na literatura, sobre gestão de estoques na cadeia de suprimentos.
- b. Realizar um resumo sobre a participação da indústria moveleira na Colômbia, atividade da empresa objeto de estudo.
- c. Realizar uma revisão da literatura sobre Lógica *Fuzzy* e sua aplicação em modelos de gestão de estoques.
- d. Desenvolver uma classificação ABC para os três itens acabados escolhidos para o estudo.
- e. Desenvolver o sistema de tomada de decisão, considerando a classificação ABC realizada, como entrada do modelo de inferência junto com as demais variáveis (Estoque final e quantidades pendentes nas vendas), baseados nos dados dos históricos aportados pela empresa e a experiência dos especialistas.
- f. Apresentação do sistema de inferência *Fuzzy* preliminar.
- g. Avaliação do sistema *Fuzzy* preliminar.
- h. Melhoria do sistema.
- i. Apresentação e comparação dos resultados com os dados aportados.
- j. Sugestões para futuros trabalhos.

## 1.5 Justificativa

“Sem estoque é impossível uma empresa trabalhar, pois ele funciona como amortecedor entre os vários estágios da produção até a venda final do produto” Novaes (2004, p. 328). Assim, as ações a realizar para sua adequada gestão se refletirão no desempenho da empresa, evitando descontinuidades no processo produtivo, itens faltantes, pedidos com atrasos e clientes insatisfeitos com a demora do atendimento.

Ditas ações representam a tomada de decisão nos sistemas de controle de estoques atuais, que na sua maioria se baseiam na experiência humana, nos históricos e na teoria de probabilidades e podem ser melhorados com a implementação da Lógica *Fuzzy*, técnica que constitui uma forma inovadora de manuseio de dados e informações, que podem traduzir expressões verbais, vagas, imprecisas e qualitativas presentes na comunicação humana em valores numéricos, para posteriormente converter a experiência humana em uma forma compreensível pelos computadores, possibilitando o sucesso na criação de estratégias para tomada de decisão em problemas complexos como é o caso do controle de processos e plantas industriais. Simoes e Shaw (2007)

Em razão da importância e a complexidade da gestão de estoques nos processos de produção, do desejo de desenvolver pesquisa sob a ótica da Lógica *Fuzzy* como ferramenta para auxiliar o processo de tomada de decisão em sistemas de controle de estoques e graças à proximidade com uma empresa produtora e comercializadora de produtos e serviços para o setor moveleiro, a madeira e a construção, nasce a ideia do presente trabalho de desenvolver um sistema de inferência *Fuzzy* para facilitar a tomada de decisão na gestão de estoques da empresa objeto de estudo pertencente à indústria moveleira na Colômbia através do desenvolvimento e implementação de um estudo de caso.

## 1.6 Divisão e distribuição do trabalho

A dissertação foi desenvolvida em quatro capítulos da seguinte forma:

- 1. Capítulo Introdutório.** Onde é apresentado o escopo da pesquisa de forma geral.
- 2. Revisão da Literatura.** Esta revisão abrange a história, os principais conceitos, abordagens e políticas existentes na literatura sobre gestão de estoques, cadeias de suprimentos e Lógica *Fuzzy*, assim como os argumentos que justificam a importância da Lógica *Fuzzy* para realizar a gestão dos estoques em indústrias moveleiras, diferentes conceitos, aspectos, métodos, ferramentas e questões ligadas ao dimensionamento dos mesmos, assim como alguns estudos e pesquisas sobre a implementação de sistemas *Fuzzy* para gestão de estoques.
- 3. Aplicação do sistema de inferência *Fuzzy* proposto.** Nele é apresentado o estudo de caso realizado, sobre uma indústria moveleira colombiana, onde através da aplicação de questionários e da realização de uma análise feita com base na revisão da literatura, foi desenvolvido um sistema de inferência *Fuzzy* em acordo com a situação atual da empresa com o intuito de melhorar o processo de tomada de decisão associado à sua gestão de estoques.
- 4. Conclusões e sugestões para futuros trabalhos.** O último capítulo contém uma conclusão geral baseada na contribuição principal do trabalho feito na empresa objeto de estudo, e algumas contribuições importantes para futuras pesquisas.

## 2. Revisão da Literatura

A partir da pesquisa teórica realizada na *Base Minerva* – Sistema de Documentação da UFRJ ([www.minerva.ufrj.br](http://www.minerva.ufrj.br)), através do link TDUFRJ, utilizando a busca avançada e inserindo as palavras-chaves “Gestão de Estoques”, “Lógica *Fuzzy*”, “Tomada de decisão”, “Gestão de desempenho”, “Gestão da cadeia de suprimentos” e “Indústria moveleira” não foi encontrada nenhuma referência que propusesse a aplicação da Lógica *Fuzzy* para o desenvolvimento de um modelo de gestão de estoques para avaliar e melhorar o desempenho em gestão de estoques ou cadeias de suprimentos.

Posteriormente, foi desenvolvido um levantamento Bibliográfico através do acesso ao portal de periódicos CAPES, onde foram inseridas novamente as palavras-chave, obtendo a Tabela 1 com a classificação das palavras e seus relacionamentos. Em seguida, foram refinadas pela data decrescente tendo em conta os últimos dez anos e a relevância dos mesmos para o desenvolvimento do tema em questão; escolhendo um total de sete (7) artigos para estudo.

Tabela 1. Base de Dados da CAPES (ACM Digital Library, Emerald Fulltext, Science Direct (Elsevier), Scopus, Web of Science, Wiley Online Library)

PALAVRA-CHAVE	BASE DE DADOS DA CAPES					
	ACM Digital Library	Emerald Fulltext (Emerald)	Science Direct (Elsevier)	Scopus (Elsevier)	Web of Science	Wiley Online Library
Inventory Management	13.357	10.110	101.779	143.093	11.003	57.806
Fuzzy Logic	28.602	1.375	35.113	97.612	26.536	8.341
Decision Making	127.745	45.159	505.089	673.886	100.000	577.917
Performance Management	192.165	57.220	515.065	848.345	93.021	276.806
Supply Chain Management	16258	12373	63694	63223	11481	42498
Furniture Industry	5	0	14	0	0	0
Inventory Management and Fuzzy Logic	0	0	0	21	23	0
Inventory Management and Decision Making	0	3	1	575	1367	2
Inventory Management and Performance Management	0	6	0	1440	1692	2
Inventory Management and Supply chain Management	0	66	9	1329	1977	32
Inventory Management and Furniture Industry	0	0	0	0	0	0
Fuzzy Logic and Decision Making	0	14	6	1340	3141	5
Fuzzy Logic and Performance Management	0	4	0	343	441	0
Fuzzy Logic and Supply Chain Management	<u>1</u>	9	0	<u>36</u>	80	0
Fuzzy Logic and Furniture industry	0	0	0	0	0	0
Decision Making and Supply Chain Management	0	37	6	748	2020	6
Performance Management and Supply Chain Management	0	191	<u>6</u>	2326	3660	16
Inventory Management and Fuzzy Logic and Decision Making	0	<u>2</u>	0	0	<u>1</u>	0
Inventory Management and Fuzzy Logic and Decision Making and Performance Management Supply Chain Management and Furniture Industries	0	0	0	0	0	0

Dentro dos artigos selecionados na tabela 1 para apoiar o tema de pesquisa proposto encontra-se um artigo onde Rotshtein *et al* (2003), sugere que se construa o modelo *Fuzzy* de estoques de materiais, por meio de bases de conhecimento *Fuzzy* aplicado à gestão de estoques de um órgão do Setor Público Federal em Manaus-AM. Os autores apresentam um sistema de controle de inventário, sob a forma do objeto com duas entradas  $X1(t)$  e  $X2(t)$  e uma saída simples  $Y(t)$ , onde:

- $X1(t)$  é a demanda, ou seja, o número de unidades das ações da marca dado que é necessária em momento  $t$  do tempo;
- $X2(t)$  é a quantidade de estoque disponível, ou seja, o número de unidades em estoque de uma determinada marca que está disponível no armazém no momento  $t$ ;
- $Y(t)$  – é a ação de inventário no momento  $t$ , que consiste em aumentar ou diminuir o estoque de dada marca.

No trabalho de Rotshtein *et al* (2003), os parâmetros de estado  $X1(t)$  e  $X2(t)$  e a ação de inventário  $Y(t)$  são considerados variáveis linguísticas, que são estimadas com o auxílio de termos verbais com 5 e 7 níveis, sendo definido o universo de discurso de cada uma das variáveis linguísticas descritas, até obter a saída o ação a tomar para o inventario nesse período de tempo.

Na ACM Digital Library é apresentado um artigo por Sio-Fan Lou e Yain-Whar Si (2009) onde aplicam a Lógica *Fuzzy* como uma ferramenta para tomada de decisão em uma empresa de informática ajudando a determinar o nível de estoques para cada tipo de computador a ser fabricado e o preço a ser oferecido para os compradores, estabelecendo os conjuntos e as regras permitindo adaptar o modelo ao comportamento do mercado.



Os autores aplicam a Lógica *Fuzzy* às estratégias de gestão que deve realizar um agente da cadeia de suprimentos para se adaptar à situação do mercado, ajustando o nível de inventário alvo, definindo o preço de licitação adequada para os pedidos dos clientes e controlando o margem de lucro através do desenvolvimento de regras *if-then* no processo produtivo.

O sucesso do agente é apresentado durante a participação num jogo durante 220 dias simulados, onde o objetivo é manter o nível de estoques para construir e vender diferentes tipos de computadores a partir de quatro tipos de componentes, seu desenvolvimento, o sistema de inferência *Fuzzy*, e posteriormente a comparação dos resultados com um método heurístico.

Da mesma forma, na base *Emerald*, os autores N. Gunasekaran, S. Rathesh, S. Arunachalam e S.C.L. Koh (2006) apresentam uma abordagem *Fuzzy* QFD<sup>1</sup> usando a simulação Monte Carlo como uma ferramenta quantitativa para apoiar o processo de tomada de decisão em um ambiente colaborativo para o projeto do produto, neste caso o “tubo de raios catódicos” (CRT) com a rede da cadeia de fornecimento para maximizar o valor do cliente (medido pela satisfação do usuário) e minimizar os custos no processo, onde é realizada uma simulação com as respostas coletadas e baseado em números aleatórios para mostrar como desenvolver o modelo em qualquer outro problema.

Na base *Wiley Online Library* os autores Xie e Petrovic (2006) desenvolveram um sistema fuzzy baseado em regras *if then* para tomada de decisão em alocação de estoques *DMS\_SA (Decision-Making System for Stock Allocation)* para uma cadeia de suprimentos composta por um armazém e um número espacialmente distribuído de varejistas; o objetivo da atribuição de estoque é atingir a meta da distribuição da cadeia

---

<sup>1</sup> O QFD (*Quality Function Deployment*) é uma técnica que pode ser empregada durante todo o processo de desenvolvimento de produto e que tem por objetivo auxiliar o tempo de desenvolvimento a incorporar no projeto as reais necessidades dos clientes.

com uma taxa de preenchimento e um custo total aceitável em sua realização, determinando o índice de prioridade quantitativa de cada varejista com o qual o estoque no armazém é então atribuído, além de reduzir a complexidade de construção de um modelo matemático para o problema de alocação de estoques sendo mais fácil de aplicar na vida real das indústrias.

Na base *Science Direct* foi escolhido o artigo “*A comprehensive supply chain management project selection framework under fuzzy environment*” onde os autores Wei, Liang e Wang (2007) aplicam a Lógica *Fuzzy* na implementação da gestão da cadeia de suprimentos para uma usina siderúrgica em Taiwan após a implementação do sistema ERP, e em busca do aumento da eficácia de sua cadeia de fornecimento global. O estudo apresenta três (3) fases: a primeira é a identificação do objetivo estratégico, onde a equipe com a metodologia proposta formula a estrutura hierárquica, reconhecendo as características e requisitos de sua cadeia de abastecimento, e alinha o objetivo com as estratégias competitivas da empresa até formular os atributos de avaliação. Na segunda etapa da análise do sistema, são escolhidos os principais atributos de avaliação, outorgando pesos para cada um até definir três possíveis alternativas de projeto; e na terceira fase a equipe de tomada de decisão com ajuda do método de classificação *Fuzzy* integral avalia as alternativas de SCM, incorporando variáveis linguísticas e selecionando o melhor projeto. Finalmente é apresentada uma comparação com as práticas tradicionais observando as vantagens que traz o modelo proposto.

Posteriormente, Hu e Ruan (2010), desenvolvem um sistema *Fuzzy* aplicado em uma empresa automotriz para predizer os níveis de estoques das peças de reposição baseados em dados com alto nível de incerteza tomados dos históricos, com ênfases nas quantidades demandadas a cada ano, nas quantidades recebidas, no custo de manter cada

lote, no custo de ter escassez de cada ferramenta; até conseguir ajustar as quantidades demandadas para satisfazer as necessidades de produção com a variedade da necessidade real a partir da elaboração de regras e conjuntos *Fuzzy* e a confirmação destes dados com o fornecedor e o departamento de *design*.

Continuando com o estudo dos artigos selecionados os autores Queiroz e Cabral (2010) apresentam a aplicação da Lógica *Fuzzy* na gestão de estoques de uma organização com o intuito de reduzir a falta de material em estoque em virtude do *lead time* para a reposição de diversos materiais. No início, os autores apresentam as principais definições da Lógica *Fuzzy* e descrevem passo a passo o modelo a desenvolver partindo da identificação das variáveis linguísticas e dos termos linguísticos usados no processo de fuzzificação e defuzzificação dos dados, até obter os resultados auxiliados pelo Matlab, onde se pode observar que com a aplicação do modelo será possível auxiliar a tomada de decisão de compras, para que seja feito o reabastecimento de material sem que ocorra a falta em estoque. Além da redução dos *lead times*, sabendo que quanto maior eles forem, maior é a chance de haver falta do material em estoque.

Finalmente foi elaborado um levantamento no banco de Teses da Base CAPES, onde ao inserir as palavras-chaves e seus relacionamentos nos últimos cinco (5) anos, observando que tanto na busca anterior como nesta última, que a pesquisa não apresentou, até o presente momento, qualquer artigo, dissertação ou estudo com o assunto estudo de lógica *Fuzzy* para gestão de estoques em indústrias moveleiras, se convertendo em vantagem na hora de propor essa aplicação. Na seguinte tabela se podem observar os resultados obtidos no banco de dados de Teses da CAPES.

Tabela 2. Base de Dados da CAPES do Banco de Teses

(P. Profissionalizante, M. Mestrado, D. Doutorado)

PALAVRAS - CHAVE	2007			2008			2009			2010			2011			TOTAL
	P	M	D	P	M	D	P	M	D	P	M	D	P	M	D	
Gestão de Estoques	3	4	0	4	8	1	4	9	1	5	4	0	3	8	2	56
Lógica <i>Fuzzy</i>	4	27	15	1	33	8	6	35	8	6	43	16	7	53	25	287
Cadeia de suprimentos	11	42	7	17	49	11	22	49	11	12	47	13	19	60	23	393
Tomada de Decisão	77	292	72	79	293	69	99	347	69	83	360	99	98	373	117	2527
Indústria Moveleira	0	16	0	4	16	4	2	13	3	2	17	2	0	8	3	90
Gestão de Estoques - Lógica <i>Fuzzy</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gestão de Estoques - Cadeia de suprimento	1	3	0	1	7	1	2	2	1	1	0	0	1	2	3	25
Gestão de Estoques - Tomada de Decisão	0	0	1	3	1	0	0	1	0	1	0	0	0	4	0	11
Gestão de Estoques – Indústria Moveleira	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Lógica <i>Fuzzy</i> - Cadeia de suprimentos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lógica <i>Fuzzy</i> - Tomada de Decisão	1	8	1	1	9	1	1	6	1	1	4	3	1	8	3	49
Lógica <i>Fuzzy</i> – Indústria Moveleira	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cadeia de suprimentos - Tomada de Decisão	1	3	0	1	2	1	2	5	1	1	2	1	5	7	1	33
Gestão de Estoques - Lógica <i>Fuzzy</i> - Cadeia de Suprimentos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gestão de Estoques - Cadeia de suprimentos - Tomada de Decisão	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Lógica <i>Fuzzy</i> - Cadeia de suprimentos - Tomada de Decisão	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Gestão de Estoques - Lógica <i>Fuzzy</i> - Tomada de Decisão - Cadeia de suprimento – Indústria Moveleira	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Neste item foram escolhidas duas dissertações por ter uma relação com o tema de pesquisa, mas é importante ressaltar que se precisa conhecer e identificar as características da empresa objeto de estudo, para desenvolver um determinado modelo.

Estes trabalhos constituem uma base bibliográfica para orientar o desenvolvimento da pesquisa desta dissertação.

A primeira *Um modelo de decisão para gestão de estoques de peças de reposição*, que apresenta uma abordagem para o problema da gestão de estoques de itens de baixo giro, consiste em identificar os custos totais associados aos estoques de peças de reposição, os requisitos de nível de serviço e, definir a política ótima de ressurgimento para o item em questão. Neste caso, a política ótima é aquela que minimiza os custos totais atendendo aos requisitos de nível de serviço. A principal diferença da abordagem proposta para as demais é a inexistência de restrições com relação à distribuição de probabilidades que representa a demanda.

A segunda dissertação selecionada é uma *Proposta de um modelo de simulação baseado em Lógica Fuzzy e nProposta de um modelo de simulação baseado em Lógica Fuzzy e no SCOR para predizer o desempenho da empresa-foco em cadeias de suprimentos*, de Ganga (2010) onde se apresenta e discute uma proposta baseada na teoria dos conjuntos *Fuzzy* para predizer o desempenho da empresa-foco em cadeia de suprimentos modelada de acordo com os relacionamentos causais entre medidas de desempenho propostas pelo SCOR (versão 8.0). O uso de sistemas de medição de desempenho para gerenciar o desempenho de cadeias de suprimentos apresenta algumas limitações tais como a dificuldade de interpretação de resultados de natureza qualitativa, assim como a complexidade de um sistema tradicional de medição de desempenho lidar adequadamente com os relacionamentos de causas e efeito entre métricas de desempenho de diferentes processos de negócios ao longo da cadeia de suprimentos. Por outro lado, a *Lógica Fuzzy*, uma técnica apropriada para lidar com situações de incerteza e subjetividade, configura-se como uma alternativa interessante. Utilizando uma abordagem de pesquisa quantitativa descritiva, assumiu-se a hipótese de que um modelo de simulação quantitativo poderia ser construído para explicar o comportamento de processos operacionais. Os resultados da simulação mostraram-se bastante aderentes à

metodologia *SCORmark*, proposta pelo *Supply Chain Council*. Análises estatísticas dos resultados da simulação, baseados no Método de Superfície de Resposta, também confirmaram a relevância dos relacionamentos causais incorporados no modelo. Em geral, os resultados reforçam que a proposição da adoção de um modelo de simulação baseado em Lógica *Fuzzy* e nas métricas do SCOR parece ser uma abordagem possível para auxiliar os gerentes no processo de tomada de decisão do gerenciamento do desempenho em cadeias de suprimentos.

A seguir são apresentadas algumas definições associadas aos estoques, às cadeias de suprimentos e aos conceitos e técnicas diretamente ligados à gestão de estoques mais utilizados na atualidade pelas empresas.

## **2.1 Estoques**

Na definição de Ballou (2001, p. 249) “estoques são pilhas de matérias-primas, insumos, componentes, produtos em processo e produtos acabados que aparecem em numerosos pontos por todos os canais logísticos e de produção da empresa”. Para o autor os motivos para manter estoques estão relacionados com melhorar o serviço ao cliente e reduzir custos, onde manter estoques promove economias de compra.

Slack *et al* (2002) definem estoques como a acumulação armazenada de recursos materiais em um sistema de transformação. Segundo os autores, os estoques são custosos, algumas vezes empatam considerável quantidade de capital e mantê-los representa um risco uma vez que itens em estoque podem se deteriorar, se tornarem obsoletos, se perderem ou ocupar espaço valioso na empresa. Por outro lado, ainda segundo os autores, os estoques proporcionam certo nível de segurança em ambientes incertos e complexos, sendo considerados como uma espécie de garantia contra o inesperado.

Para Moreira (2006), o estoque é qualquer quantidade de bens físicos que sejam conservados, de forma improdutiva por determinado intervalo de tempo. Segundo o autor, os estoques podem ser constituídos por itens de diversos tipos, e podem estar aguardando somente a venda, despacho ou utilização dentro do processo produtivo, o que possibilita sua classificação em: matérias-primas, peças e outros itens comprados de fornecedores ou terceiros, peças e outros itens fabricados internamente, material em processo e produtos acabados.

Segundo Correa *et al* (2008), estoques são acúmulos de recursos materiais entre fases específicas de processos de transformação. Para os autores esses acúmulos de materiais têm uma propriedade fundamental e constituem uma arma no sentido de ser usada para bem e para o mal: pois proporcionam independência às fases dos processos de transformação entre as quais se encontram.

### 2.1.1 Classificação dos estoques

Para ter maior eficiência no gerenciamento dos estoques, devem ser compreendidos os diferentes tipos existentes. A forma comum de segmentação de estoques é considerada pelo seu modo de criação que justifica a existência de cada tipo de estoque, e ainda que não possam ser fisicamente diferenciados, é preciso que exista compreensão das diferenças para diagnosticar possíveis técnicas de redução das quantidades estocadas (Krajewski; Ritzman, 2002).

Segundo Bowersox e Closs (2001) e Krajewski; Ritzman (2002), os estoques quanto ao modo como são criados são classificados nos seguintes tipos: estoque cíclico, estoque de segurança, estoque de antecipação e estoque em trânsito.

O **estoque cíclico** é a parte do estoque total que varia em proporção com o tamanho do lote de compra ou de produção. Para o estabelecimento do tamanho do lote

de compra ( $Q$ ), é preciso determinar a frequência e a quantidade pedida. Por tanto, dois princípios são importantes. Primeiro, o tamanho do lote varia diretamente com o tempo transcorrido entre dois pedidos, onde um lote pedido deve comportar o equivalente da demanda do mesmo período. Segundo, quanto maior é o intervalo entre os pedidos de um determinado item, maior será o seu estoque cíclico.

O **estoque de segurança** (ES) é a parte de estoque com a finalidade de proteger a empresa contra incertezas relacionadas à demanda, ao tempo de espera (*Lead time*) e ao fornecimento, sob o aspecto da qualidade. O ES evita a deficiência no atendimento dos clientes e os custos decorrentes da escassez de fornecimento (Krajewski; Ritzman, 2004, BALLOU, 2001). Além disso, garante que as operações não sejam interrompidas diante de uma ruptura de estoque. O ES equivale à diferença de consumo entre o número de períodos antecipados ao pedido e o número de períodos do *Lead time* de entrega do fornecedor.

O **estoque de antecipação**, ou estoque de especulação, é a parte de estoque formada para diminuir o fluxo irregular de demanda ou fornecimento. Fabricantes de produtos sazonais, como, por exemplo, ar-condicionado, acumulam produtos antecipadamente em períodos de demanda reduzida, a fim de que os níveis de produção não tenham de ser aumentados bruscamente nos picos de demanda. O nivelamento das taxas de produção com estoques aumenta a produtividade, já que as flutuações de capacidade produtiva podem ser mais onerosas (Krajewski; Ritzman, 2002).

O **estoque em trânsito**, ou estoque em movimento ou estoque contínuo, é a parte do estoque que está sendo movimentada de um ponto a outro na cadeia de suprimentos. Consiste em pedidos que foram colocados e ainda não foram recebidos. Pode ser mensurado como a demanda média durante o *Lead time* ( $D_L$ ), que é a demanda



média por período ( $d$ ) multiplicada pelo número de períodos no *lead time* do item em questão, ou seja:  $\text{Estoque Contínuo} = D_L = dL$  (Bowersox e Closs 2001).

Além destas classificações, Garcia Saggioro *et al* (2006) cita também os **estoques especulativos**, que existem em razão de variações de preço no mercado. Este tipo de estoque é comum em economias inflacionárias, onde algumas empresas compram grandes quantidades de um produto específico se esperam que seu preço suba no curto prazo.

Os autores acrescentam que os estoques de ciclo existem por causa das possibilidades de economias de escala no processo de ressuprimento, onde resulta ser mais vantajoso ordenar em lotes com mais de uma unidade, que os estoques de segurança são mantidos para proteger uma organização de incertezas em suas operações logísticas e evitar que problemas operativos inesperados detenham as atividades sucessivas de atendimento da demanda, que os estoques de coordenação são usados quando é impossível coordenar suprimento e demanda e que os estoques em trânsito existem ao longo dos canais de distribuição em razão da necessidade de levar um item de um lugar para outro.

### **2.1.2 Funcionalidade dos estoques**

Na visão de Tadeu (2010) a funcionalidade principal dos estoques centra-se na aquisição e na armazenagem de materiais na tentativa de garantir, em um futuro próximo, a disponibilidade necessária tanto de matérias-primas e insumos para a produção quanto de produtos acabados para o atendimento às demandas de mercado.

Para o autor, o emprego de estoques na busca de minimização de alguns riscos e incertezas relacionados à disponibilidade de materiais é resultado de planejamento de

materiais para que não falte ou sobre materiais armazenados e se incorra em custos significativos para a organização.

Segundo Stevenson (apud TADEU, 2010) as funções principais dos estoques são:

- a. Atendimento da demanda prevista em função da antecipação da disponibilidade de materiais e produtos finais para suprir uma demanda projetada;
- b. Tornar as necessidades de produção mais regulares;
- c. Aproveitar os ciclos de pedidos e descontos para comprar em função do volume dos pedidos.
- d. Viabilizar as operações de produção, balanceando questões como custos fixos, tempo e volume de produção.

## **2.2 A gestão de estoques**

De acordo com Slack *et al.* (2002):

(...) o conceito de gestão de estoques originou-se na função de compras em empresas que compreenderam a importância de integrar o fluxo de materiais às suas funções de suporte, tanto por meio do negócio, como por fornecimento aos clientes imediatos. Isso inclui a função de compras, acompanhamento, gestão de armazenagem, planejamento e controle de produção e gestão de distribuição física. (p. 423)

A Figura 1 ilustra a abrangência do conceito de gestão de estoques e do fluxo de material em seus diversos estágios, desde que é realizado o pedido ao departamento de vendas até a entrega do produto final.

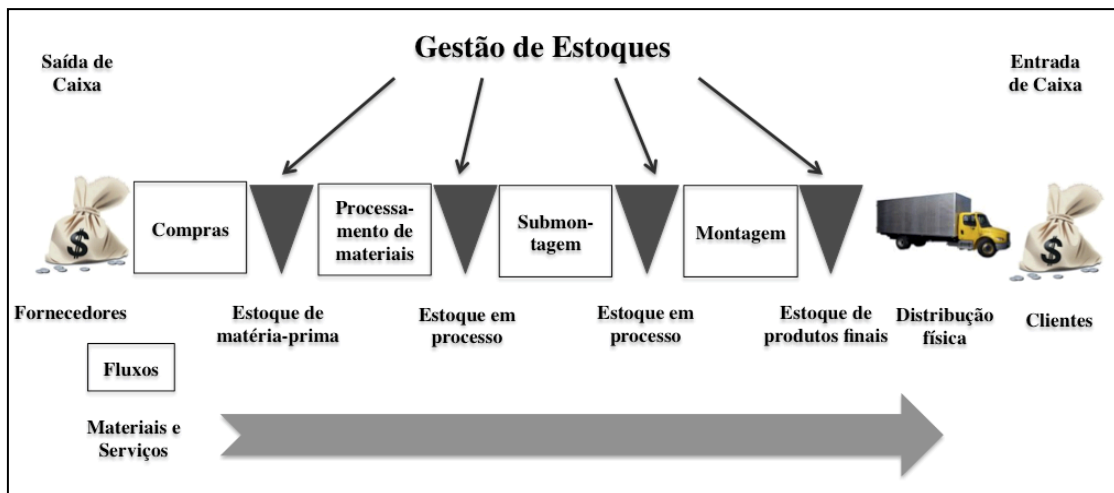


Figura 1. Gestão de estoques e o fluxo de material Fonte. Ching (2001).

Portanto, segundo Slack *et al* (2002), a gestão de estoques, de acordo com sua função, era vista como meio para reduzir os custos totais associados à aquisição e fluxo de material. As altas taxas de juros e a competição global cada vez maior levaram as empresas a questionarem as formas de controlar seus estoques, já que esses exerciam uma influência muito grande na rentabilidade. Um bom exemplo poderia ser o aumento da rotatividade dos estoques para ajudar a liberar ativo e economizar o custo de manutenção de inventário.

### 2.2.1 Objetivos da gestão de estoques

De acordo com Dias (1993, p.23) “o objetivo é otimizar o investimento em estoques, aumentando o uso eficiente dos meios internos da empresa, minimizando as necessidades de capital investido”. A presença dos estoques possibilita a produção na organização, sendo fundamental manter sempre em estoque somente o que seja necessário para produzir em um determinado período de tempo, para que, assim, o capital da empresa investido não fique estancado sem gerar algum lucro.

Para Ching (2001), a própria definição de gestão de estoque evidencia seus objetivos que são planejar o estoque, as quantidades de materiais que entram e saem, as épocas em que devem ocorrer as entradas e saídas, o tempo decorrente entre essas épocas e os pontos de pedidos de materiais. Esses objetivos de gestão de estoques podem ser atingidos pela execução das seguintes funções básicas: cálculo do estoque mínimo e máximo, cálculo do lote de suprimento, atualização da ficha de estoque, replanejamento dos dados, quando houver razões para modificações, emissão de solicitações de compra, quando atingir o ponto de ressuprimento, recepção do material do fornecedor, identificação e armazenamento do material, entrega do material mediante requisição, organização do almoxarifado e manutenção dessa organização.

### **2.3 Métodos, modelos, técnicas e sistemas de gestão de estoques.**

Dos conceitos e técnicas diretamente ligados à gestão de estoques mais utilizados na atualidade pelas empresas, destacamos:

#### **2.3.1 Curva ABC**

“A curva ABC baseia-se no raciocínio do diagrama de Pareto, em que nem todos os itens têm a mesma importância. A atenção deve ser dada para os mais significativos” (Ching 2001, p. 47). Nesta técnica, são segmentados os estoques em três grupos demonstrados graficamente com eixos de valores e quantidades e considerando os materiais divididos em três grandes grupos de acordo com seus valores de preço, custo e quantidades. Sendo assim, materiais "classe A" que representam a minoria da quantidade total e a maioria do valor total; "classe C", a maioria da quantidade total e a minoria do

valor total e a "classe B", valores e quantidades intermediárias. O controle da "classe A" é mais intenso enquanto que os controles das "classes B e C" são menos sofisticados.

Segundo Garcia Saggiaro *et al* (2006), uma classificação ABC baseada no valor em estoque pode, por exemplo, indicar quais produtos geram maiores custos de manutenção de estoques. Os gestores então concentrariam seus esforços nos itens da classe A. Métodos de gestão de estoques mais elaborados, com pessoal qualificado e recursos computacionais deveriam ser usados para tratar esses itens, enquanto métodos mais simples e menos custosos devem ser usados para os produtos de classes B e C, assim:

- Classe A – Alto valor
- Classe B – Médio valor
- Classe C – Baixo valor

### **2.3.2 Lote econômico de compra**

De acordo com Ching (2001, pág. 44) “Lote econômico é a quantidade ideal de compra feita levando em consideração o balanceamento dos custos de manutenção e aquisição, desde quando haja informação precisa, referente à demanda e ao tempo de ressuprimento”.

É utilizado para itens da demanda independente, isto é para produtos acabados e peças e outros materiais de reposição e se baseia nas seguintes suposições:

1. A demanda para o item é constante e conhecida com precisão.
2. Não existem limitações sobre o tamanho de cada lote.
3. Os únicos custos relevantes são o custo de manter o estoque e o custo fixo por lote para emissão do pedido ou preparação de equipamento.
4. As decisões para um item podem ocorrer independentemente das decisões

para outros; isto é, nenhuma vantagem é obtida ao se combinarem diversos pedidos feitos ao mesmo fornecedor.

5. Não existe incerteza quanto ao tempo de espera ou ao suprimento. O tempo de espera é constante e conhecido com precisão. A quantidade recebida é exatamente a que foi pedida e é entregue por meio de um despacho único e não por vários embarques. (Ritzman *et al* 2004, P. 300).

### **2.3.3 Just in Time (JIT)**

Segundo Ching (2001), essa técnica “visa atender a demanda instantaneamente, com qualidade e sem desperdícios”. Dessa forma, possibilita a produção eficaz em termos de custos e, também, em termos de fornecimento da quantidade necessária de componentes no momento e local corretos, com a utilização mínima de recursos. (Ching 2001, p. 38 ). O Ching (2001) também acrescenta que o JIT requer princípios como: 1) a qualidade, tanto dos processos como dos produtos; 2) a velocidade, relacionada ao processo produtivo; 3) a confiabilidade, considerada pré-requisito para o fluxo rápido da produção; 4) a flexibilidade, também relacionada ao processo produtivo e o compromisso, ligado ao relacionamento com os fornecedores. Dos benefícios proporcionados pelo sistema, o autor cita a redução do custo de compras, a diminuição do número de fornecedores e burocracia, a redução dos níveis de estoque e, conseqüentemente, a redução do espaço físico para estocagem, o *lead time* reduzido, os melhores níveis de serviço ao cliente, redução da perda de matérias-primas e o refugo.

Na definição do Krajewski e Ritzman (2002), a filosofia do JIT consiste em eliminar perdas diminuindo o estoque não necessário e eliminando as atividades que não agregam valor as operações.

### **2.3.4 Time-based Competition (TBC)**

A competição baseada no tempo aparece como sendo uma extensão dos princípios do JIT no que concerne à pesquisa, desenvolvimento e introdução de novos produtos, diminuição do tempo dos ciclos, distribuição e atendimento ao cliente. Catellan, Cevolani e Tammela (2012).

Hum e Sim (1996, p.75), definem a TBC como “Uma estratégia baseada na introdução rápida de novos produtos e compreensão das necessidades dos clientes, aliadas à qualidade e custos competitivos. A essência da competição baseada no tempo envolve a redução do mesmo em cada fase da criação do produto e do ciclo de entrega, traduzindo-se numa fonte significativa de vantagem competitiva”.

Segundo Tammela (2004), a ideologia da TBC oferece o tempo como o diferencial para uma organização se tornar uma liderança competitiva no mercado que está inserida. A melhor estratégia é o estabelecimento de parâmetros que permitam dividir as atividades relacionadas aos negócios entre as que criam valor para a empresa (e focar-se no aumento da velocidade com que são realizadas), e as atividades que não geram valor (para reduzir seu tempo ou até eliminá-las).

### **2.3.5 Fluxo descontínuo de material**

Esse sistema, considerado como clássico, é caracterizado pelo fluxo de material a ser empurrado ao longo do processo desde a fábrica até a distribuição, para suprir os clientes. Inicia-se com a previsão de vendas, que é a base para os programas de produção, os quais são convertidos para os planos de compras Ching (2001). Aqui, são considerados alguns fatores como o estoque para demanda, o ponto de reposição e a reposição periódica. O estoque para demanda refere-se à ideia básica de manter os níveis de estoque proporcionais à sua demanda, baseando-se na duração de tempo de

ressuprimento do item, a previsão da demanda para o mesmo e a determinação do período de segurança. O ponto de ressuprimento refere-se à quantidade mínima que é necessária para se manter em estoque. A partir dessa quantidade, deve ser efetuada a reposição do material. Este ponto é calculado como o produto entre o tempo de ressuprimento e o consumo previsto. Ele auxilia a controlar a quantidade adicional de estoque necessária como proteção contra oscilações de demanda e no *lead time* de ressuprimento. Finalmente, a reposição periódica, por sua vez, refere-se ao período necessário para se efetuar as reposições.

### **2.3.6 Fluxo contínuo de material**

Comumente conhecido como método de puxar o estoque. Nele, as previsões de vendas são usadas para planejar as necessidades de compra e devem refletir a sazonalidade da demanda. Segundo esse enfoque, o estoque de produtos acabados é evitado o quanto possível, pois a produção deve ocorrer contra a demanda real. No entanto, é permitido que um pequeno estoque pudesse ser produzido contra previsão, funcionando como estoque regulador ao facilitar o transporte e reduzir os custos Ching, (2001).

### **2.3.7 Fluxo sincrônico de material**

É uma tendência emergente, onde a produção e a distribuição são integradas por meio da tecnologia da informação. O fluxo de material é balanceado uma única vez ao longo do processo de compras/produção/distribuição por um sistema automatizado de gestão de materiais, que fornece um fluxo sincronizado de informação, atualizando simultânea e instantaneamente todas as partes envolvidas no processo: fornecedores,



fábricas, estoque regulador e distribuição Ching (2001).

### **2.3.8 Balanceamento de capacidade**

Segundo Ching (2001), uma fábrica balanceada não é algo possível ou desejável. Ela trabalha desbalanceada e tem recurso com capacidade menor que os demais. Para que seja tirado o máximo dela, é necessário que todos os seus recursos tenham uma capacidade mínima a mais que o recurso com menor capacidade (a restrição) de forma que o fluxo não seja interrompido por ele. Essa quantidade adicional de capacidade é denominada protetora. O autor cita a teoria das restrições TOC (*Theory of constraints*), que classifica a capacidade de um recurso em capacidade produtiva, referente ao que será utilizado efetivamente do recurso para a produção; capacidade protetora, que é o adicional necessário nos recursos não restrição e a capacidade ociosa, que é a sobra entre a capacidade produtiva e a protetora, ou seja, aquela que não está sendo efetivamente utilizada.

### **2.3.9 Material Requirement Planning (MRP)**

Este sistema permite às empresas calcular a quantidade necessária de materiais para a produção de um determinado tipo de produto num dado momento. O sistema pode operar com diversas fórmulas para fazer o cálculo dos lotes de compras, fabricação e montagem, operando, ainda, com diversos estoques de material em processo como estoque de matérias-primas, partes, submontagem e produtos acabados. A maior vantagem do MRP consiste em utilizar programas de computadores complexos, levando-se em consideração todos os fatores relevantes para conseguir o melhor cumprimento de prazos de entrega, com estoques baixos, mesmo que a fábrica tenha

muitos produtos em quantidade, de uma semana para outra Correa *et al* (1994).

### **2.3.10 *Optimized Production Technology (OPT)***

É uma técnica de gestão de produção desenvolvida por um grupo de pesquisadores israelenses, que advoga que o objetivo básico das empresas é ganhar dinheiro e considera que a manufatura deve contribuir com este objetivo básico através da atuação sobre três elementos: o fluxo de materiais passando através da fábrica, os estoques e as despesas operacionais. Os pressupostos básicos do OPT foram originados por formulações matemáticas Corrêa *et al* (1994). Nesse sistema, as ordens de fabricação passam por filas de espera de atendimento nos diversos postos de trabalho na fábrica. O conjunto de postos de trabalho que forma, a partir de então, uma rede de filas de espera, usa um conjunto de coeficientes gerenciais para ajudar a determinar o lote ótimo para cada componente ou submontagem a ser processado em cada posto de trabalho, dando ênfase nos pontos de gargalo da produção.

### **2.3.11 *Electronic Data Interchange (EDI)***

O intercâmbio eletrônico de dados, seu propósito é executar a troca eletrônica de dados (de forma estruturada) entre computadores de empresas parceiras em determinados negócios. Os dados trocados costumam ser documentos com uma estrutura padrão fixa, estruturada e envolvendo informações de uma cadeia de suprimentos, como programas de produção de entregas, pedidos de produtos, avisos de recebimentos, necessidades de reposição de estoques, lista de faturas a pagar, dentre outras coisas. Pires (2009).

No EDI a comunicação entre os sistemas das empresas envolvidas é feita através da estrutura de rede e dos softwares de comunicação de dados que interligam as

empresas. Esses softwares recebem e enviam os dados para os softwares de tradução, os quais interpretam os dados e fazem a interação com os sistemas de informações das empresas. Dessa forma os softwares de comunicação estão ligados à estrutura de rede utilizada e os de tradução estão ligados ao conjunto de sintaxe adequadamente definido pelas empresas envolvidas. No centro desse procedimento está o chamado protocolo de comunicação que dentre outras coisas, garante o acesso restrito e o sigilo dos dados trocados.

### **2.3.12 *Efficient Consumer Response (ECR)***

Resposta eficiente ao consumidor é uma prática que visa um atendimento melhor das reais demandas dos clientes através de um sistema de reposição automática dos estoques consumidos nos pontos-de-venda. É importante ressaltar que a implementação dessa prática requer quase sempre algum investimento adicional em TIC, tal como em sistemas de código de barras, scanners, EDI, etc.

Uma das facetas mais marcantes do ECR é a adoção da chamada gestão de categorias, ou seja, muitos varejistas administram seus produtos nas lojas por categorias. Assim eles gerenciam a lucratividades e os giros dos estoques de cada categoria buscando otimizar seu sortimento e suas promoções. Pires (2009)

### **2.3.13 *Vendor Managed Inventory (VMI)***

O estoque gerenciado pelo fornecedor é uma prática onde o fornecedor tem a responsabilidade de gerenciar o seu estoque no cliente, incluindo o processo de reposição. Para isso se faz necessário gerar proximidade entre o fornecedor e seus clientes, a fim de melhorar a troca de informação, a confiança e parceria entre os elos.

Pires (2009) afirma que o VMI é uma das primeiras iniciativas na realização de negócios baseados na confiança mútua entre fornecedores e clientes. Sem uma boa relação de parceria e confiança e compartilhamento de informações a sua implementação perde o verdadeiro sentido. Dessa forma, o fornecedor passa a ter acesso aos dados de inventário do cliente e detém o poder de gerar ordens de reposição para o estoque de seu cliente, referentes aos produtos por ele fornecidos. Cabe ressaltar, que esta reposição vale como ordens de compra por parte dos clientes, logo, os materiais são de propriedade do cliente.

É importante para o VMI, o bom planejamento, execução e liderança nas atividades concernentes ao programa. Algumas condições para o sucesso do VMI de acordo com Pires (2009) são:

- a. O compromisso dos líderes, que devem conhecer o esforço que será necessário e os recursos que serão investidos;
- b. A aceitação e contribuição dos funcionários;
- c. A sincronização de arquivos e/ou dados, o fornecedor e o cliente devem ter seus arquivos compartilhados e atualizados em tempo real;
- d. O apoio e aceitação do cliente quanto ao plano de reposição e estocagem do fornecedor;
- e. Troca de informações sobre consumo por parte do cliente ao fornecedor; e
- f. Um registro rígido dos dados, pelo cliente, como a atualização de itens consumidos.

#### **2.3.14 *Continuous Replenishment (CR)***

Uma prática que tem complementado o mesmo substituído o VMI em situações de reposição contínua, busca principalmente o atendimento de quatro processos:

promoções, reposições de estoques, sortimento dos estoques e introdução de novos produtos. A política de estoques é baseada na previsão de vendas e construída com base na demanda histórica e não mais baseada apenas nas variações dos níveis dos estoques no principal ponto-de-estoque do cliente. A CR permite a gestão da cadeia de suprimentos em diferentes níveis de acordo com as necessidades do negócio. (Pires, 2009).

### **2.3.15 Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment (CPFR)**

Pode ser expresso em português como planejamento, previsão e reabastecimento colaborativos. Segundo Pires (2009), o CPFR é uma ferramenta que visa facilitar a colaboração entre empresas, principalmente no tocante a previsão de vendas, e seu sucesso dependerá de questões básicas como a existência de processos internos bem estruturados e operacionalizados, assim como o estabelecimento de uma sólida relação entre as empresas parceiras. Na literatura é tratado como uma evolução de práticas como o VMI e a CR e pode-se afirmar de acordo com Pires (2009), que os principais benefícios proporcionados pelo CPFR são permitir:

- a. Ciclos de atendimentos de pedidos mais previsíveis;
- b. Carregamentos/despachos menores;
- c. Maior atualização, agilidade e nível de precisão no fluxo de informação;
- d. Maior formatação da informação para facilitar seu uso;
- e. Um aumento no nível de serviço ao cliente;
- f. Uma diminuição das faltas de estoques e dos excessos de estoques;
- g. Maior conectividade/integração na cadeia de suprimentos;
- h. Uma redução dos custos dos estoques e no geral.

### 2.3.16 Modelo *Supply-Chain Operations Reference* (SCOR)

Expresso em português como modelo de referência das operações da cadeia de suprimentos, é um método que faz uso de benchmarking e de avaliações para o aperfeiçoamento do desempenho da cadeia de suprimentos. O SCOR é um modelo de estrutura interfuncional que contém as definições de padrões de processos, terminologias e métricas associadas aos processos de cadeias de suprimentos, confrontando-os com as melhores práticas. O modelo foi projetado para auxiliar no aprendizado das companhias em relação aos processos internos e externos ao seu ramo de atuação.

O modelo foi desenvolvido inicialmente por duas empresas privadas de pesquisa e consultoria, a Pittiglio Rabin Todd & McGrath (PRTM) e a *Advanced Manufacturing Research* (AMR) em 1996 junto a um grupo de gerentes sêniores e líderes de grandes empresas os quais formaram o *Supply-Chain Council* (SCC), entidade que criou o modelo SCOR. Conforme o SCC (2006), o modelo SCOR versão 8.0 contém dois elementos essenciais que são: 1) Os processos de negócios básicos e 2) Os níveis de detalhamento do modelo, onde inicialmente define cinco processos-chave e posteriormente quatro níveis de detalhamento, assim:

- a. Planejar: Nesse item tem-se a definição de recursos, demanda, planejamento de estoques, distribuição, produção e planejamento de capacidade;
- b. Abastecer: Aquisição de matéria prima, qualificação e certificação de fornecedores, monitoramento da qualidade, negociação de contratos com vendedores, recebimento, inspeção e armazenagem dos materiais;
- c. Produzir: Fabricando o produto final, testando, embalando, realizando mudanças nos processos produtivos, fazendo gestão de recursos e equipamentos, lançamento e apropriação de produtos;
- d. Entregar: Gestão da demanda, previsão de vendas, coletas de dados, promoções de

produtos, gestão de pedidos, gestão de almoxarifados e armazém, gestão do transporte da expedição e atendimento, criação e manutenção de bases de dados de clientes, produtos e preços.

- e. Retorno: de materiais, de produtos acabados, manutenção, reparos e inspeção. Estes processos estendem-se à pós-venda dando suporte ao consumidor.

A formatação dos processos que compõem o SCOR segue a partir de quatro níveis descritos a seguir:

- a. Nível I – Tipos de processos: Define o escopo e o conteúdo do modelo de referência e traça os objetivos de desempenho e competitivos relativos à cadeia de suprimentos.
- b. Nível II – De Configuração: Define as categorias de processos que podem ser componentes da cadeia de suprimentos. Configura as operações das organizações usando estes processos, para descobrir ineficiências e nivelar o canal.
- c. Nível III – Dos elementos dos processos: Identifica os elementos do processo configurado no nível 2 e estabelece indicadores de desempenho para acompanhamento das tarefas efetuadas durante a execução do processo.
- d. Nível IV – De implementação: São definidas as práticas que visam à obtenção de vantagem competitiva e/ou à adaptação para novas condições no ambiente dos negócios.

O modelo SCOR permite às empresas uma análise completa de todos os aspectos de sua cadeia de suprimentos atual, proporcionando um completo grupo de indicadores de desempenho da mesma e das melhores práticas da indústria, aplicações de softwares apropriados e proporciona aos usuários uma estrutura para

entendimentos de onde se fazem necessários aperfeiçoamentos. O modelo possibilita as empresas, conforme Stewart (1997) as seguintes vantagens:

- a. Avaliação efetiva de seus processos próprios;
- b. Compara seu desempenho com outras empresas;
- c. Procura especificar a vantagem competitiva;
- d. Usa informações de *benchmarking* e melhores práticas para aperfeiçoar suas atividades;
- e. Quantifica os benefícios na implementação de mudanças.
- f. Identifica as melhores ferramentas de software para prover suas necessidades específicas.

Depois de serem apresentadas as principais técnicas, modelos, sistemas e conceitos presentes na literatura e usados na atualidade pelas empresas para realizar sua gestão de estoques, introduzimos o conceito de Lógica *Fuzzy* como alternativa para gerenciar os estoques, especialmente no que concerne à tomada de decisão em situações multicritério, abarcando certas características das técnicas comuns.

Cabe ressaltar, que no presente estudo foi empregada a curva A,B,C como modelo de gestão de estoques inicial, considerando a classificação que realiza a empresa objeto de estudo a seus produtos como primeira medida no tratamento do seus estoques. Dessa forma, foram escolhidos para realizar o sistema de inferência *Fuzzy* três produtos que pertencem às classes A, B e C estabelecida na empresa respectivamente.

Inicialmente foi desenvolvido um sistema classificador *Fuzzy* que mantendo as condições estipuladas pela empresa para a classificação dos seus produtos conseguiu obter a mesma resposta de classe para cada um dos itens escolhidos, e posteriormente dita resposta de classe de produto se converteu na entrada da segunda etapa do sistema de



inferência encarregado da tomada de decisão, acrescentando e melhorando as disposições da empresa segundo as comparações feitas com os dados dos históricos aportados por ela.

## **2.4 A Lógica Fuzzy**

A lógica tem sua origem no desenvolvimento de muitas tradições e culturas no mundo inteiro. China, Grécia, Índia, países de filosofia islâmica e de filosofia medieval são alguns dos que participaram no crescimento dessa lógica. Em 384-322 a. C., Aristóteles criou a Lógica Aristotélica ou Lógica bivalente clássica. Campos Filho (2004), que é caracterizada por dois princípios que são a lei da lógica da não contradição e da lei do terceiro excluído.

A lei da lógica da não contradição diz que nenhuma afirmação pode ser considerada verdadeira e falsa ao mesmo tempo, enquanto a lei do terceiro excluído diz que uma afirmação tem que ser verdadeira ou falsa.

Já em 1847, Boole atribui valores numéricos para as afirmações, valor 1(um) para as afirmações verdadeiras e 0 (zero) para as afirmações falsas. Campos Filho (2004). Com isso, Boole criou a álgebra booleana, sendo de grande aplicação no campo da computação.

No entanto em 1903, Bartrand Russell mostrou que nem todos os problemas poderiam ser resolvidos pela lógica bivalente, através do problema conhecido como “paradoxo de Russell”.

Em 1930, Jan Lukasiewicz (1878-1956) desenvolveu a lógica multinível, em contrapartida à lógica Aristotélica, apresentando a lei da contradição onde uma afirmação pode ser verdadeira ou não, ao mesmo tempo. Isso se torna possível desde que não apresente apenas dois níveis, verdadeiro e falso, mas sim um grau de verdade, existindo assim vários níveis. Campos Filho (2004).

Em 1965, Lotfi A. Zadeh da Universidade da Califórnia em Berkeley publica o trabalho de Conjuntos Fuzzy baseado na lógica multinível. Com esse trabalho foi possível mostrar de forma matemática o tratamento dos aspectos imprecisos e ambíguos apresentados na lei da contradição. E a partir desse trabalho surge a expressão lógica *Fuzzy*. Em 1972, ele introduziu o conceito de "variáveis linguísticas", neste artigo comparou variável definida com um conjunto fuzzy ou "*fuzzy set*", baseado na ideia de que os elementos sobre os que se constrói o pensamento humano não são números senão etiquetas linguísticas.

A Lógica *Fuzzy* permite representar o conhecimento comum, que na maioria é de tipo linguístico qualitativo e não necessariamente quantitativo, em uma linguagem matemática através da teoria de conjuntos *Fuzzy* e funções características associadas a eles. Embora permita trabalhar com dados numéricos e termos linguísticos, os termos linguísticos são inerentes, menos precisos que os dados numéricos, mas em muitas ocasiões aportam uma informação mais útil para o raciocínio humano.

Ao contrário da lógica tradicional, a Lógica *Fuzzy* não impõe limites bruscos, proporcionando graus de pertinência de elementos a uma determinada categoria. Pode-se dizer então que a lógica *Fuzzy* é uma ferramenta capaz de capturar informações vagas, em geral descritas em linguagem natural e convertê-las para um formato numérico, de fácil manipulação. A extração destas informações vagas se dá através do uso de conjuntos nebulosos fuzzy sets Adilea (2003).

A principal perspectiva dos sistemas baseados na teoria de Lógica *Fuzzy* é que a lógica clássica tem a capacidade de reproduzir os modos usuais de raciocínio considerando que a certeza de uma proposição é uma questão de grau. A Lógica *Fuzzy* faz referência aos princípios formais e normativos do raciocínio aproximado, considerando o raciocínio preciso como caso limite. Assim, as características mais

atrativas da Lógica *Fuzzy* são sua flexibilidade, sua tolerância com a imprecisão, sua capacidade para modelar problemas não lineares e a sua relação com a linguagem natural.

Em situações reais, é comum encontrar incertezas nas informações devido à presença de dados imprecisos e subjetivos que, em muitas ocasiões, dependem do ponto de vista do observador. Dessa forma, a tomada de decisão é baseada no conhecimento individual, e não se pode ter absoluta certeza da veracidade dessas informações. Pedrycz & Gomide (1998).

Até o fim do século XX a incerteza era geralmente indesejável, uma ideia a ser evitada, mas esta ideia foi mudando gradualmente com o surgimento dos mecanismos estatísticos. Klir (1997) menciona que a teoria de probabilidade não é capaz de tratar a incerteza em todas as suas manifestações, em particular é incapaz de tratar a incerteza resultante dos termos vagos da linguagem natural.

A aplicação dessa abordagem é recomendada para problemas de modelagem complexa, a qual envolve variáveis qualitativas e quantitativas sujeitas a variações probabilísticas e descritas em bases de dados diferentes e incompletas. O processo decisório é baseado em variáveis linguísticas que simulam e replicam elementos do pensamento humano, principalmente em bases comparativas, tais como: mais frio, mais alto, melhor ou em bases vagas, tais como: alto, baixo, bom Kacprzyk (1997).

A Lógica *Fuzzy* é também conhecida como uma abordagem aplicada e multidisciplinar de análise, sendo comum encontrar na literatura sua aplicação em medicina e ciências biológicas, bioinformática, processos industriais, navegação aeroespacial, robótica, inclusive na área de negócios.

### 2.4.1 Conjuntos Fuzzy

Os conjuntos Fuzzy são funções que mapeiam um elemento a um valor escalar entre 0 e 1, que indica o grau de pertinência desse elemento nesse conjunto. Dessa forma, é possível tratar a imprecisão outorgando um grau de veracidade ou falsidade à pertinência em um conjunto. Por exemplo, em uma rodovia, o limite de velocidade é de 60 km por hora. Devido à imprecisão dos dispositivos, se estipula uma tolerância de até 10% acima dessa velocidade. Em um conjunto Fuzzy, motoristas infratores podem ser classificados dentro do intervalo  $[0,1]$ , ou seja, quase nada infrator 0,2, muito pouco infrator 0,4, pouco infrator 0,6, quase infrator e 0,8 a 1,0, infrator.

A continuação dessa informação obtida em uma linguagem natural é interpretada para, posteriormente, permitir a tomada de decisão por parte do dispositivo onde, inicialmente, se definem variáveis de entrada para que o sistema Fuzzy possa atuar em uma determinada situação. Depois, passa-se para a etapa de fuzzificação, onde se identificam os valores outorgados às variáveis e se normalizam em um universo padronizado para serem ativadas as regras que já foram predefinidas com base no conhecimento. Em seguida, é apresentado o processo de inferência, que determina como serão acionadas e combinadas essas regras, para, finalmente, passar pela etapa de defuzzificação, que converte novamente os resultados obtidos em dados para informações da saída onde se apresentarão ao usuário. A Figura 2 apresenta um sistema de inferência *Fuzzy* abordando o conceito dos conjuntos *Fuzzy* nas etapas mencionadas anteriormente.

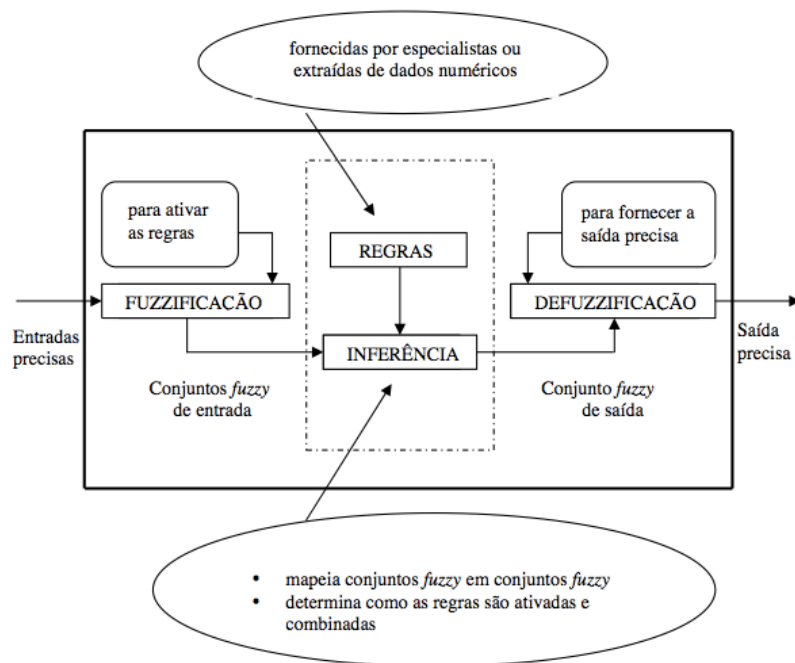


Figura 2. Sistema de Inferência *Fuzzy* Fonte. Tanscheit (1995)

Lofti Zadeh (1965) apresentou seu primeiro exemplo para ilustrar o conceito de conjunto difuso com o conjunto de “homens altos”. Segundo a teoria da lógica clássica o conjunto de “homens altos” é um conjunto onde pertencem os homens com uma estatura maior a um valor, que se pode estabelecer em 1.80 m., por exemplo, e todos os homens que medem 1.81 pertencem ao conjunto de homens altos, embora um homem que meça 1.79m. não pertence a esse conjunto.

A abordagem da lógica difusa considera que o conjunto de “homens altos” é um conjunto que não tem uma fronteira clara para pertencer ou não pertencer a ele, por meio de uma função que define a transição de “alto” a “não alto”, se designa a cada valor de altura um grau de pertinência ao conjunto entre 0 e 1. Assim, por exemplo, um homem que tenha 1.79 m. poderia pertencer ao conjunto difuso “homens altos” com um grau de 0.8 de pertinência, um homem que tenha 1.81 com um grau de 0.85 e um homem que media 1.50 com um grau de 0.1.

A lógica clássica se pode converter neste caso em um limite da lógica difusa no que se designa um grau de pertinência 1 aos homens com uma altura maior ou igual a 1.80 e um grau de pertinência 0 aos que tem uma altura menor.

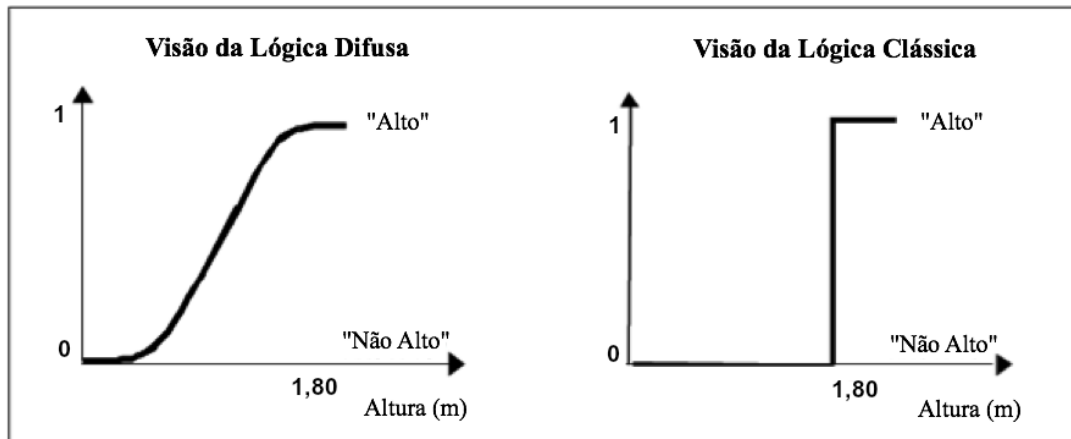


Figura 3. Lógica Difusa VS Lógica Clássica Fonte: Autora do trabalho

Então, os conjuntos difusos podem ser considerados como uma forma geral dos conjuntos clássicos. A teoria clássica dos conjuntos só contempla a pertinência ou não de um elemento a um conjunto. Já a teoria dos conjuntos difusos contempla a pertinência parcial de um elemento a um conjunto, ou seja, cada elemento apresenta um grau de pertinência a um conjunto difuso que pode tomar qualquer valor entre 0 e 1.

Este grau de pertinência se define por meio da função característica associada ao conjunto difuso, para cada valor que possa tomar um elemento ou variável de entrada  $X$  a função de pertinência  $\mu_A(X)$  proporciona o grau de pertinência deste valor de  $X$  ao conjunto difuso  $A$ .

## 2.4.2 Funções de pertinência

Um conjunto clássico  $A$ , em um universo de discurso  $U$ , se pode definir de várias formas: especificando as propriedades que devem cumprir os elementos que pertencem a esse conjunto, numerando os elementos que pertencem ao conjunto ou, em termos da função de pertinência  $\mu_A(X)$ :

$$\mu_A(X) = \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ se } X \in A \\ 0 \text{ se } X \notin A \end{array} \right\}$$

Um conjunto difuso no universo de discurso  $U$  se caracteriza por uma característica ou função de pertinência  $\mu_A(X)$ , que toma valores no intervalo  $[0,1]$ , e pode se representar como um conjunto de pares ordenados de um elemento  $X$  e seu valor de pertinência ao conjunto:

$$A = \{(X, \mu_A(X)) \mid X \in U\}$$

A única condição que deve cumprir uma função característica é tomar valores entre 0 e 1 com seguimento. As funções mais comuns utilizadas por sua simplicidade matemática são: Triangular, Trapezoidal, Gaussiana, Gamma, Sigmoidal, campana entre outras. Na Figura 4 podem-se observar graficamente algumas funções utilizadas.

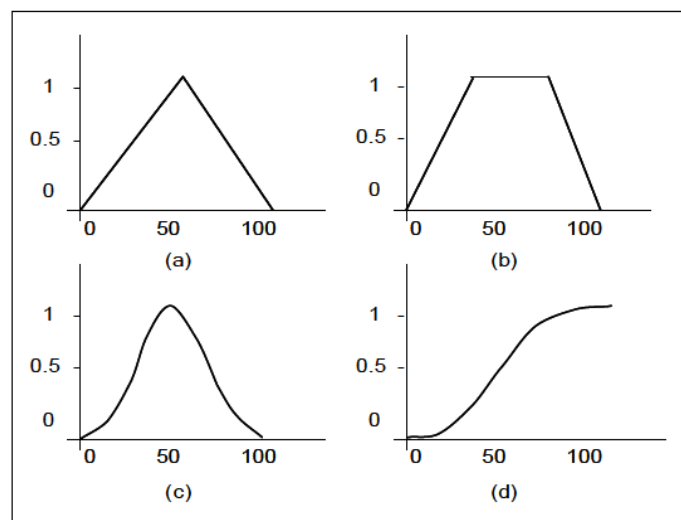


Figura 4. Algumas das funções utilizadas (a) Triangular

(b) Trapezoidal (c) Gaussiana (d) Sigmoidal Fonte: Autora do trabalho

### 2.4.3 Variáveis linguísticas

A Lógica *Fuzzy* tem dentro de suas vantagens a possibilidade de converter a linguagem de valores numéricos em variáveis linguísticas ou nomes de conjuntos fuzzy, onde sua função principal é dar uma caracterização a aqueles termos complexos que não podem ser analisados por meio dos valores matemáticos.

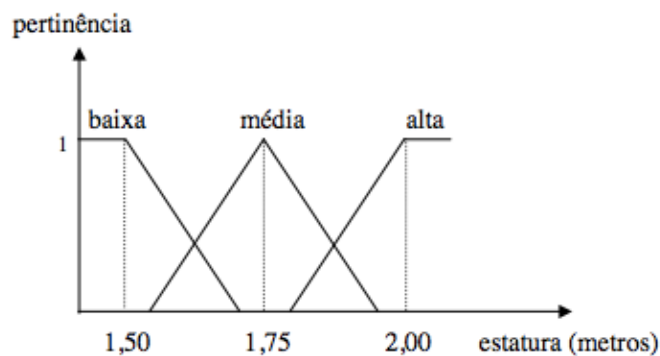


Figura 5. Funções de pertinência para variável estatura Fonte: Tansheit (1995)

Na figura 5 representa para a variável linguística estatura os valores de baixa, media e alta e a suas funções de pertinência, onde estaturas até 1,5 metros apresentam grau de pertinência igual a 1 no conjunto A; o grau de pertinência neste conjunto decresce à medida que a estatura aumenta. Então se considera que uma estatura de 1,75 metros é "totalmente compatível" com o conjunto B, ao passo que estaturas acima de 1,8 metros (aproximadamente) apresentam grau de pertinência diferente de zero em C. Pessoas com estatura acima de 2 metros são "definitivamente" altas. Observe-se que, nesta definição das funções de pertinência, estaturas de 1,75 metros têm grau de pertinência diferente de zero somente no conjunto B, o que poderia parecer inadequado para alguns observadores. Estes prefeririam que as funções de pertinência de A e B se interceptassem em 1,75 metros.

Além disso, diferentes pessoas, ou grupos de pessoas, podem ter noções distintas a respeito das estaturas de seus semelhantes. Um escandinavo provavelmente utilizaria



funções de pertinência diferentes daquelas escolhidas por um representante de uma tribo de pigmeus, ou as distribuiria de outra forma ao longo do universo. Ou seja, o contexto é particularmente relevante quando da definição de funções de pertinência.

Funções de pertinência podem ser definidas a partir da experiência e da perspectiva do usuário, mas é comum fazer-se uso de funções de pertinência padrão, como, por exemplo, as de forma triangular, trapezoidal e Gaussiana. Em aplicações práticas as formas escolhidas inicialmente podem sofrer ajustes em função dos resultados observados. Tansheit (1995).

#### 2.4.4 Sistemas Fuzzy

São sistemas baseados em regras que utilizam variáveis linguísticas difusas (conjuntos difusos) para executar um processo de tomada de decisão segundo Adilea (2003). Os sistemas difusos estimam funções com descrição parcial do comportamento do sistema, onde os especialistas podem prover o conhecimento heurístico, ou esse conhecimento pode ser inferido a partir de dados de entrada-saída do sistema.

Dentro de qualquer sistema *Fuzzy* se dá a etapa de **fuzzificação** na qual as variáveis linguísticas são definidas de forma subjetiva, bem como as funções de pertinência, A etapa de **inferência** é a etapa na qual as proposições (regras) são definidas e depois são examinadas paralelamente. Nessa etapa o organismo chave é a proposição que representa o relacionamento entre as variáveis do modelo e regiões *Fuzzy*, estas podem ser condicionais como “SE e ENTÃO”, e não condicionais como “É” e a etapa de **defuzzificação** que é onde as regiões resultantes são convertidas em valores para a variável de saída do sistema esta etapa corresponde à ligação funcional entre as regiões *Fuzzy* e o valor esperado. Existem diversos métodos para realizar a defuzzificação entre

eles o Método de Centroide, o Método de Centro das Somas, Método da Média dos Máximos, etc.

### 2.4.5 Operações entre conjuntos Fuzzy

Segundo Ross (2004), as operações básicas definidas sobre os conjuntos clássicos podem também ser generalizadas aos conjuntos difusos. Dentro da teoria dos conjuntos difusos tem especial relevância as que fazem uso dessas operações básicas definidas na tabela 3:

Tabela 3. Operações com conjuntos *Fuzzy*

No.	Operação	Representação
1.	União	$\mu_{A \cup B}(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$
2.	Intersecção	$\mu_{A \cap B}(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$
3.	Complemento	$\neg \mu_A(x) = 1 - \mu_A(x)$

Fonte: Ross, Timothy J. (2004)

#### - União

Dados os conjuntos *Fuzzy* A e B, definidos sobre o mesmo universo de discurso *x*, define a sua união como um conjunto *Fuzzy*  $A \cup B$ , onde a função de pertinência é dada pela expressão:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$$

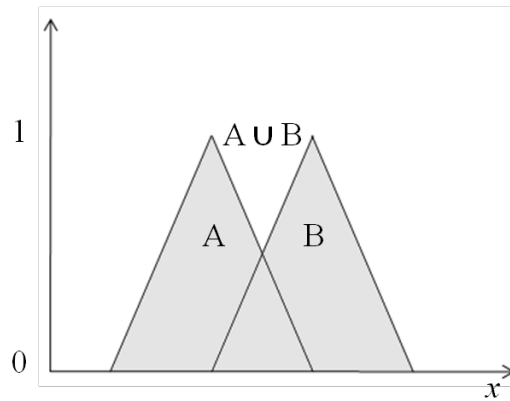


Figura 6. União de conjuntos *Fuzzy* Fonte: Autora do trabalho

**- Intersecção**

Dados os conjuntos difusos  $\mu_A$  e  $\mu_B$ , definidos sobre um mesmo universo de discurso  $x$ , define a sua intersecção como um conjunto difuso  $A \cap B$ , onde a função de pertinência é dada pela seguinte expressão:

$$\mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) \cap \mu_B(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$$

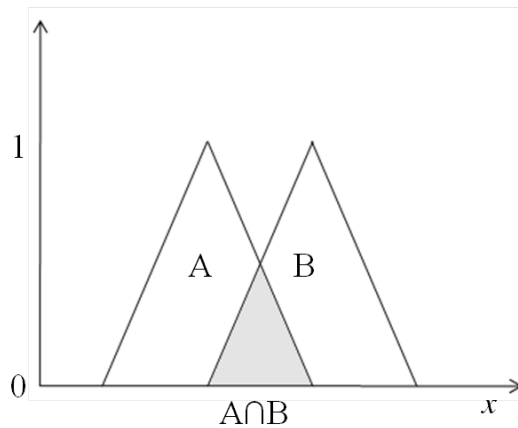


Figura 7. Intersecção em um conjunto *Fuzzy* Fonte: Autora do trabalho

**- Complemento**

Um conjunto fuzzy  $\mu_A$   $C$   $x$  define seu complemento como o conjunto difuso  $\bar{A}$  onde a sua função de pertinência esta dada pela expressão:

$$\neg \mu_A(x) = 1 - \mu_A(x)$$

Abaixo podemos verificar por meio de um exemplo a representação gráfica do complemento nos conjuntos fuzzy.

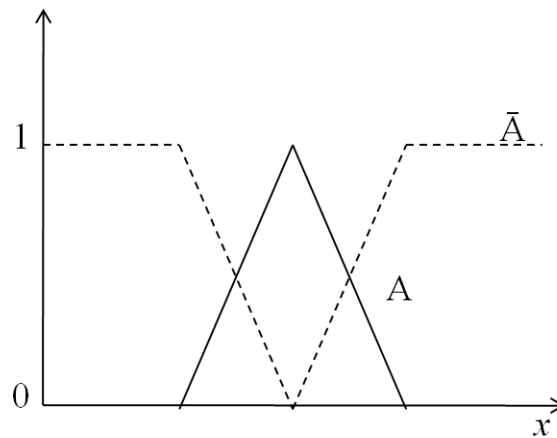


Figura 8. Complemento em um conjunto *Fuzzy* Fonte: Autora do trabalho

#### 2.4.6 Propriedades dos Conjuntos

Segundo Transcheit (2010), as leis e propriedades que são empregadas nos conjuntos *crisp*, não sempre são utilizadas nos conjuntos fuzzy. As seguintes são as leis que se realizam nos conjuntos fuzzy:

- a. Comutatividade: sempre se verifica, devido a que as T-Normas e as T-Conormas são comutativas por definição.

$$A \cup B = B \cup A \quad A \cap B = B \cap A$$

- b. Associatividade: também se verifica, pois a T-Normas e as T-Conormas também são associativas.

$$A \cup (B \cup C) = (A \cup B) \cup C \quad A \cap (B \cap C) = (A \cap B) \cap C$$

- c. Distributividade: também se cumpre para o mínimo e Máximo, mas não necessariamente para outras normas.

$$A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C)$$

d. Involução: é certa si se define como:

$$(A')' = A$$

e. Idem potência: se cumprem elegendo o mínimo e o máximo como operadores para a intersecção e a união.

$$A \cap A = A \quad A \cup A = A$$

f. Conjunto fuzzy e seu complemento

$$A \cap A' \neq \emptyset \quad A \cup A' \neq E$$

g. Conjunto fuzzy e seu conjunto nulo

$$A \cap \emptyset = \emptyset \quad A \cup \emptyset = A$$

h. Conjunto fuzzy e o conjunto universal

$$A \cap E = A \quad A \cup E = E$$

i. Teorema de Morgan

$$(A \cap B)' = A' \cup B' \quad (A \cup B)' = A' \cap B'$$

## 3. Metodologia

### 3.1 Objeto de estudo

O objeto do presente estudo é uma empresa dedicada à fabricação, distribuição e comercialização de produtos e serviços para o setor moveleiro, a madeira e a construção.

Conta com os melhores fornecedores em insumos de quadros de madeira a nível nacional e internacional utiliza tecnologia de ponta, dando um valor agregado importante à comercialização do seu porta-fólio. No que tange à classificação do segmento empresarial na Colômbia, a empresa é de porte médio. Esta classificação (Tabela 1) é baseada na Lei 590/2000 e suas modificações (Lei 905/2004).

Tabela 4. Classificação das empresas ano 2012 na Colômbia

<b>Tamanho</b>	<b>Ativos Totais SMMLV</b>
Empresa Micro	Até 500
Pequena	Superior a 500 e até 5.000
Media	Superior a 5.000 e até 30.000
Grande	Superior a 30.000
SMMLV (Salario mínimo legal vigente) para o ano 2012 \$566.700	

Fonte. Bancoldex (2012)

No Brasil, segundo a classificação da ABIMOVEL (Associação Brasileira das Indústrias do Mobiliário, 2004), SEBRAE (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas, 2004) e o BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2010), a empresa seria considerada pequeno porte. Esta classificação é apresentada na Tabela 2.

Tabela 5. Classificação das empresas no Brasil

CRITÉRIO  EMPRESA	ABIMOVEL	SEBRAE		BNDES
	Número de empregados	Receita Operacional Bruta (ROB)	Número de Empregados	Receita Operacional Bruta (ROB)
Micro Empresa	Até 15 empregados	Igual ou inferior a R\$433.755,14	Até 19 funcionários	Até R\$2,4 milhões
Pequena Empresa	De 16 até 150 empregados	Superior a R\$433.755,14 e igual ou inferior R\$2.133.222,00	De 20 a 99 funcionários	Superior a R\$2,4 milhões e inferior ou igual a R\$16 milhões
Média Empresa	Acima de 150 empregados			Superior a R\$16 milhões e inferior ou igual a R\$90 milhões
Empresa Média-Grande				Superior a R\$90 milhões e inferior ou igual a R\$300 milhões
Grande Empresa				Superior a R\$300 milhões

Fonte: ABIMOVEL (2004), SEBRAE (2004), BNDES (2010)

Apesar de ser uma empresa de médio porte, são gerados **115 empregos diretos e 80 indiretos** nas suas 22 sucursais, distribuídas em 12 cidades da Colômbia, conforme Figura 9.

A empresa possui, ainda, um departamento de projetos industriais e de construção, com prestação de serviços de projeto, modulação, planejamento, carpintaria, arquitetura, decoração de interiores e instalação de móveis, por meio dos centros de operações, como se pode observar na Figura 10.

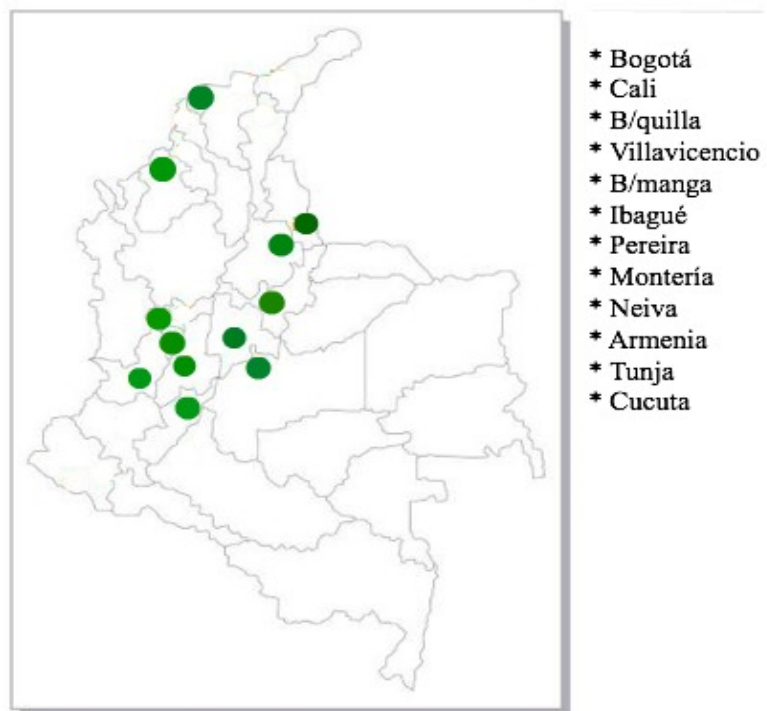


Figura 9. Localização das sucursais da empresa objeto de estudo Fonte: Autora do trabalho



Figura 10. Serviços oferecidos pela empresa objeto de estudo Fonte: Empresa objeto de estudo



Dentre dos produtos oferecidos, tem-se:

- a) Madeiras: MDF, aglomerado cru, aglomerado com lâminas, compensado comum, compensado decorativo; e
- b) Ferragens: fechaduras, botões, rodas, acessórios, parafusos, deslizantes, trilhos, sistemas para guarda-roupas, dobradiças para móveis, dobradiças para portas, colas, tintas, papel lixa, entre outros.

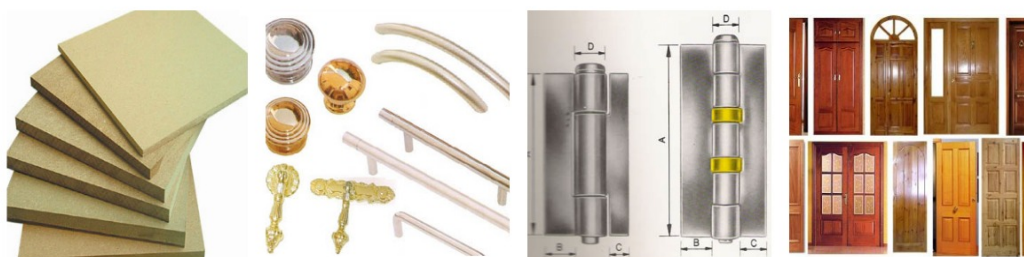


Figura 11. Produtos oferecidos pela empresa objeto de estudo

A missão da empresa consiste em oferecer os melhores produtos e serviços para o setor mobiliário, incluindo a madeira e os insumos para construção, contribuindo para o desenvolvimento do país, com geração de empregos, e tem como visão ser a opção preferida dos clientes nestes setores.

Para garantir a qualidade, a empresa busca oferecer os melhores produtos e serviços, sendo uma opção competitiva para satisfazer as necessidades e expectativas dos clientes, num processo de melhoria contínua.

A empresa garante a competência de seus recursos humanos, e tem melhorado sua cobertura nacional, conservando níveis de estoques adequados à demanda.

Embora a preocupação da empresa seja manter os níveis de estoques adequados, observou-se um fenômeno ao longo do ciclo de produção da empresa, onde existiu sobreabastecimento e desabastecimento dos itens no almoxarifado nos diversos estágios do

processo produtivo, incidindo na sua classificação, na atribuição de custos aos produtos, e a posterior atenção e cumprimentos aos seus clientes.

Assim, o estudo se fundamentou em entrevistas com a direção da empresa e pessoal encarregado da gestão de estoques. Foram efetuados encontros via Skype e uma visita à empresa, onde foram coletados os dados para a pesquisa identificando como provável causa a carência de um sistema de controle de estoques adequado ou a falta de melhorias ao sistema existente, considerando que o mesmo não informa quando a empresa tem falta de itens, ou quando um pedido não pode ser atendido, ou quando é melhor não pedir, entre outras coisas.

### **3.2 A Indústria Moveleira na Colômbia**

A indústria moveleira, na Colômbia, abrange a exploração, a serraria de madeira e a fabricação de móveis e acessórios.

Neste contexto, se tem produtos diversos: placas, colchoaria, cortiça aglomerada, estruturas e acessórios para a construção, madeira aplainada, madeira serrada, madeira imunizada, manufaturas de cortiça, móveis em vime, móveis residenciais, móveis para o escritório e de uso industrial, pisos e tetos, quadros aglomerados, quadros de madeira compensada e madeira bruta.

Segundo o informativo no. 8 da Organização para a Agricultura e a Alimentação (FAO) a indústria moveleira colombiana tem uma estrutura muito atomizada, concentrando 73% da produção em três regiões do país. Está integrada por 12.265.000 empresas, das quais 75% são pequenos talheres, com no máximo 5 operários; apenas 1% são empresas classificadas como grande porte, com grande poder tecnológico.

A maioria das indústrias tem como fonte de extração da madeira ou floresta e promovem desperdícios, que devido à falta de integração na cadeia, se convertem para os

pequenos e meios produtores em custos adicionais na hora de desfazer-se deles. Atualmente a indústria é grande consumidora de quadros importados, especialmente MDF.

Em geral, a Colômbia, tem se especializado na fabricação de móveis, consolidando a atuação no setor de construção civil, especialmente em condomínios habitacionais urbanos.

### **3.3 Sistema de Inferência Fuzzy**

Com base no modelo desenvolvido e aplicado por Rotshtein *et al* (2003), para o planejamento, controle e gestão de estoques do objeto de estudo, foi proposto um sistema de inferência utilizando a Lógica *Fuzzy*, apresentado na Figura 12.

Inicialmente, foi desenvolvido um “*Classificador Fuzzy*” utilizando como entradas: preço por unidade vendida ( $PUV$ ), quantidades vendidas ( $Qv$ ) e a porcentagem de participação nas vendas globais ( $Pg$ ). O sistema tem como resposta a classificação do produto, conforme o método de tratamento de estoques utilizado pela empresa. Posteriormente, foi desenvolvido um módulo de “*Tomada de Decisão*” que tem como entradas: a classificação fornecida pelo sistema anterior ( $Cl$ ), a quantidade de produtos pendentes ( $Pn$ ) e o estoque final ( $Ei$ ) e como resposta tem-se a ação que deve ser executada, relacionando as quantidades e datas de pedido de aquisição ( $Qc$ ), possibilitando assim o controle da principal problemática apresentada pela empresa.

Para o desenvolvimento desse sistema, foram realizados os questionários apresentados nos Anexos A e B do presente trabalho, os quais foram apresentados a quatro dos trabalhadores da empresa objeto de estudo por ser os responsáveis pela manutenção e tratamento dos estoques, e cujas respostas formularam a base para o conhecimento especialista do sistema.

No primeiro questionário foram contemplados itens para selecionar as variáveis e os termos linguísticos para o classificador e no segundo, as características para a construção da base de regras do sistema classificador e do sistema de tomada de decisão.

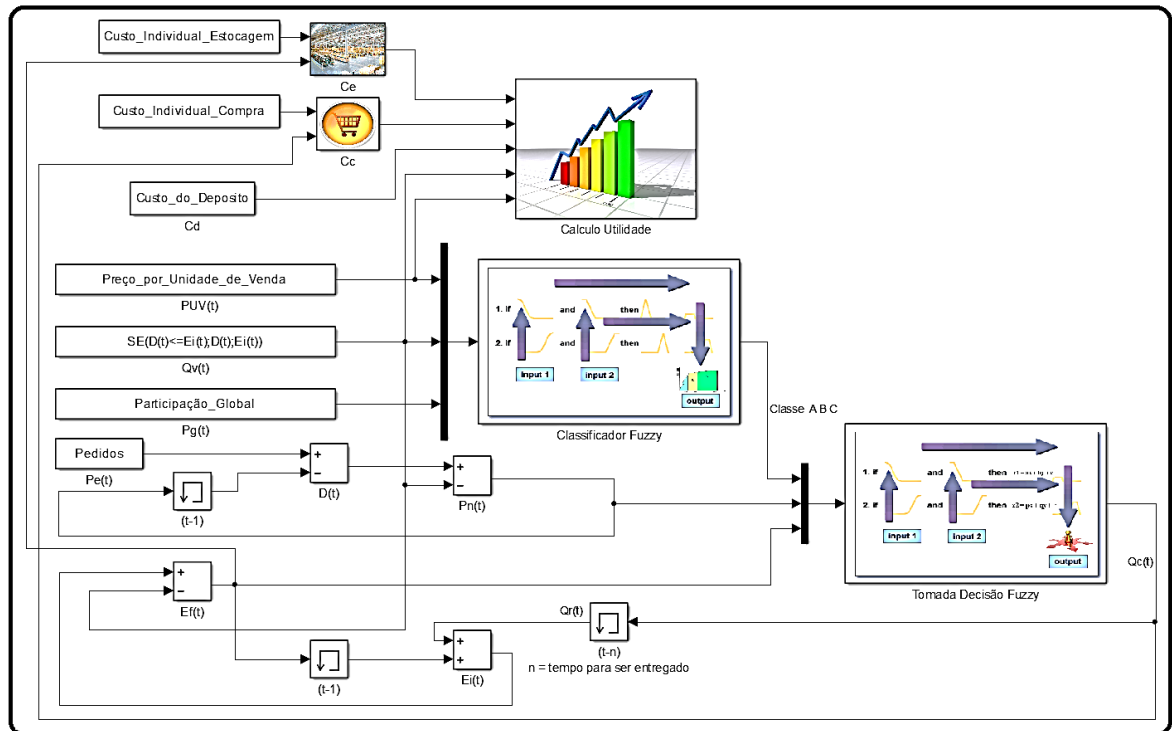


Figura 12. Sistema de Inferência *Fuzzy* proposto Fonte. Autora do Trabalho

### 3.1.1 Classificador *Fuzzy*

A Tabela 6 apresenta as características do classificador *Fuzzy*. Para poder ter a capacidade de classificação do produto e assim determinar a sua importância, foi desenvolvido um sistema de inferência *Fuzzy* para este propósito, a informação das características utilizadas é apresentada na Tabela 6.

Tabela 6. Características do Sistema *Fuzzy* Classificador

<b>Classificador ABC</b>	
Sistema de Inferência <i>Fuzzy</i>	Mamdani
Método “AND”	Mínimos
Método “OR”	Máximos
Implicação	Mínimos
Agregação	Máximos
Defuzzificação	Centro de gravidade
Entradas (3)	PUV: Preço Unitário de Venda – 2 Termos Qv: Quantidades Vendidas – 2 Termos Pg: Participação Global em vendas - 3
Saída (1)	Cl – 3 Termos
Número de regras	12

Fonte: Autora do Trabalho

Para o Método “AND” o valor mínimo do grau de pertinência dos antecedentes envolvidos é considerado e para o Método “OR”, o valor máximo na implicação entre o antecedente e o conseqüente é utilizado o valor mínimo do grau de pertinência e para agregação, o máximo.

O processo inverso (defuzzificação) é realizado com base no centro de gravidade, por ser o método mais preciso para encontrar o valor numérico no eixo “x” mais pertinente após da inferência das regras, segundo Weber (2003). Na Figura 13 é apresentado o diagrama de blocos para o sistema Classificador, onde se podem observar as três variáveis de entrada do modelo (Preço por unidade de venda, Quantidades Vendidas e participação global nas vendas), o sistema de inferência com as características descritas anteriormente e a variável de saída (Classe do produto).

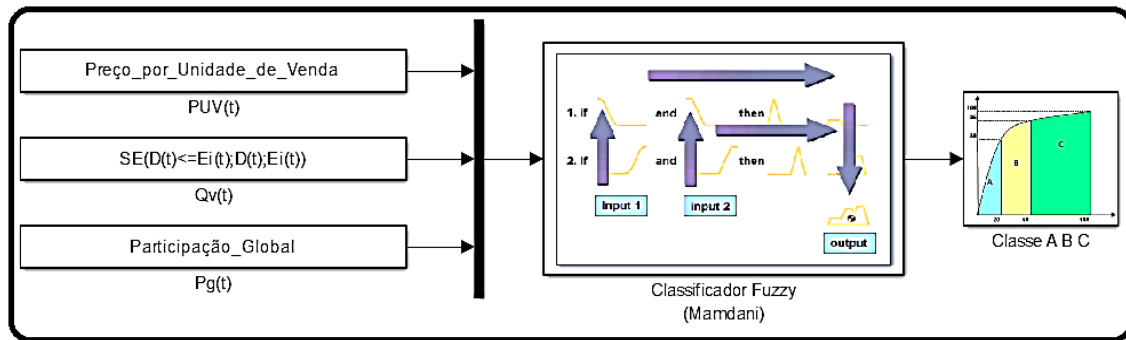


Figura 13. Modelo Classificador *Fuzzy* Fonte: Autora do trabalho

As simulações foram realizadas por meio do software matemático *Matlab*, especificamente por meio de programação visual *Simulink*, conforme Figura 14 é apresentada a implementação realizada.

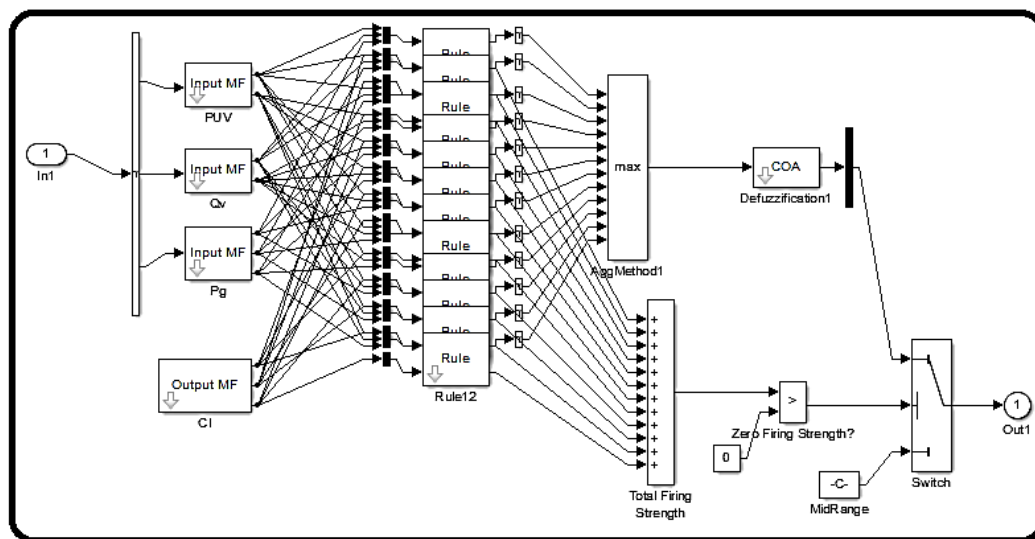


Figura 14. Implementação do Classificador *Fuzzy* em *Simulink* Fonte: Autora do trabalho

As equações 1 e 2 representam os termos linguísticos alto e baixo utilizados na variável PUV.

$$\mu_{Baixo}(PUV) = \begin{cases} 1, & PUV \leq 8,77 * 10^4 \\ \frac{1,12 * 10^5 - PUV}{2,4 * 10^4}, & 8,77 * 10^4 < PUV < 1,12 * 10^5 \\ 0, & 1,12 * 10^5 \leq PUV \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{Alto}(PUV) = \begin{cases} 0, & PUV \leq 8,77 * 10^4 \\ \frac{PUV - 8,77 * 10^4}{2,4 * 10^4}, & 8,77 * 10^4 < PUV < 1,12 * 10^5 \\ 1, & 1,12 * 10^5 \leq PUV \end{cases} \quad (2)$$

As equações 3 e 4 representam os termos linguísticos alto e baixo utilizados na variável QV.

$$\mu_{Baixo}(Qv) = \begin{cases} 1, & Qv \leq 300 \\ \frac{400 - Qv}{100}, & 300 < Qv < 400 \\ 0, & 400 \leq Qv \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu_{Alto}(Qv) = \begin{cases} 0, & Qv \leq 300 \\ \frac{Qv - 300}{100}, & 300 < Qv < 400 \\ 1, & 400 \leq Qv \end{cases} \quad (4)$$

As equações 5, 6 e 7 representam os termos linguísticos Baixa, Meia e Alta utilizados na variável linguística.

$$\mu_{Baixa}(Pg) = \begin{cases} 1, & Pg \leq 4 \\ \frac{6 - Pg}{2}, & 4 < Pg < 6 \\ 0, & 6 \leq Pg \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_{Meia}(Pg) = \begin{cases} 0, & Pg \leq 4,84 \\ \frac{Pg - 4,84}{6}, & 4,84 < Pg \leq 10,84 \\ \frac{16,84 - Pg}{6}, & 10,84 < Pg < 16,84 \\ 1, & 16,84 \leq Pg \end{cases} \quad (6)$$

$$\mu_{Alta}(Pg) = \begin{cases} 0, & Pg \leq 16 \\ Pg - 16, & 16 < Pg < 17 \\ 1, & 17 \leq Pg \end{cases} \quad (7)$$

A seguir são apresentadas as regras geradas cada uma das variáveis linguísticas utilizadas no desenvolvimento do Classificador *Fuzzy*.

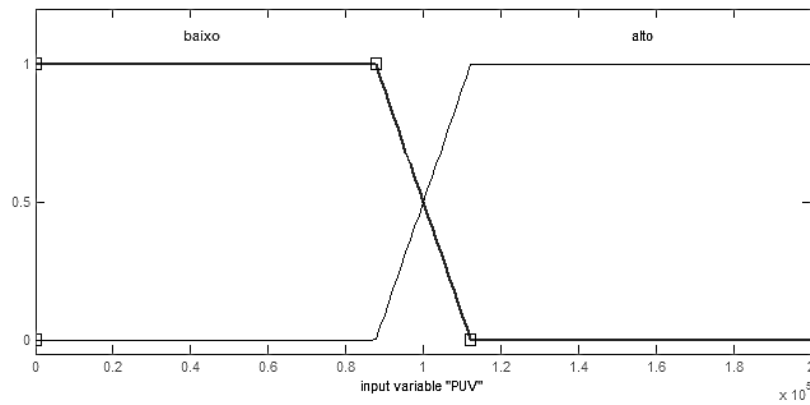


Figura 15. Variável linguística de entrada “Preço por Unidade de Venda” Fonte. Autora do trabalho

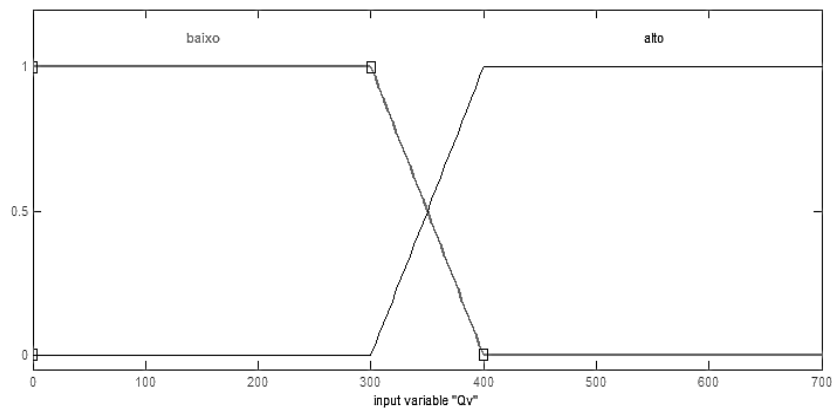


Figura 16. Variável linguística de entrada “Quantidades Vendidas” Fonte. Autora do trabalho

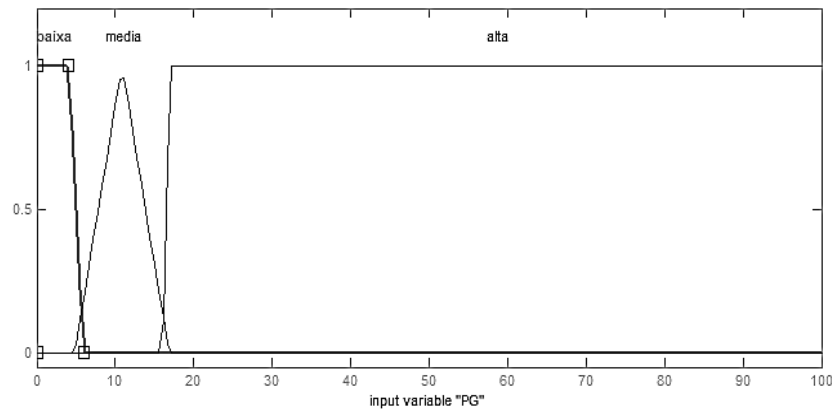


Figura 17. Variável Linguística de entrada “Participação nas Vendas” Fonte. Autora do trabalho



Como variável de saída tem-se “classificador”, que define as classes dos produtos (A, B e C), o qual representa a mesma classificação estabelecida pela empresa para os três produtos escolhidos, conforme a Figura 18,:

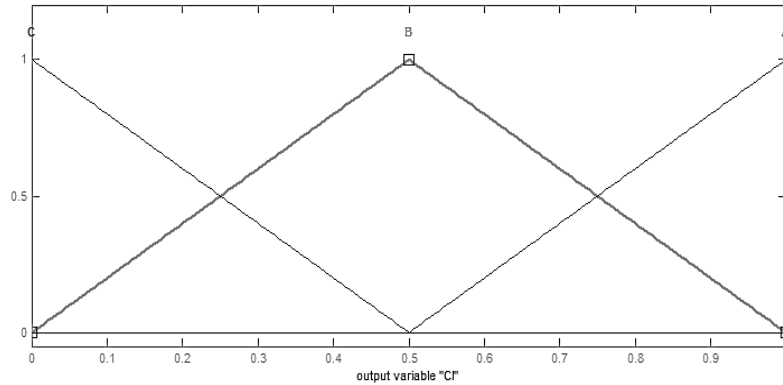


Figura 18. Variável Linguística de saída “Classificador ABC” Fonte. Autora do trabalho

As equações 8, 9 e 10 representam os termos linguísticos A, B e C utilizados na variável de saída do classificador (Cl).

$$\mu_C(Cl) = \begin{cases} 0, & Cl \leq 0 \\ \frac{0,5 - Cl}{0,5}, & 0 < Cl < 0,5 \\ 0, & 0,5 \leq Cl \end{cases} \quad (8)$$

$$\mu_B(Cl) = \begin{cases} 0, & Cl \leq 0 \\ \frac{Cl}{0,5}, & 0 < Cl \leq 0,5 \\ \frac{1 - Cl}{0,5}, & 0,5 < Cl < 1 \\ 0, & 1 \leq Cl \end{cases} \quad (9)$$

$$\mu_A(Cl) = \begin{cases} 0, & Cl \leq 0,5 \\ \frac{Cl - 0,5}{0,5}, & 0,5 < Cl < 1 \\ 0, & 1 \leq Cl \end{cases} \quad (10)$$

Na Tabela 7 são apresentadas as doze regras do sistema de inferência para a classificação dos produtos.

Tabela 7. Regras geradas a partir dos termos linguísticos

No.	SE	ENTÃO
1	Se (PUV é Baixo) e (Qv é Baixo) e (Pg é Baixa)	(Cl é C)
2	Se (PUV é Baixo) e (Qv é Baixo) e (Pg é Médio)	(Cl é B)
3	Se (PUV é Baixo) e (Qv é Baixo) e (Pg é Alto)	(Cl é C)
4	Se (PUV é Alta) e (Qv é Alta) e (Pg é Baixa)	(Cl é A)
5	Se (PUV é Alta) e (Qv é Alta) e (Pg é Médio)	(Cl é B)
6	Se (PUV é Alta) e (Qv é Alta) e (Pg é Alto)	(Cl é A)
7	Se (PUV é Baixo) e (Qv é Alta) e (Pg é Baixo)	(Cl é C)
8	Se (PUV é Baixo) e (Qv é Alta) e (Pg é Médio)	(Cl é B)
9	Se (PUV é Baixo) e (Qv é Alta) e (Pg é Alto)	(Cl é A)
10	Se (PUV é Alto) e (Qv é Baixo) e (Pg é Baixo)	(Cl é C)
11	Se (PUV é Alto) e (Qv é Baixo) e (Pg é Médio)	(Cl é B)
12	Se (PUV é Alto) e (Qv é Baixo) e (Pg é Alto)	(Cl é A)

Fonte: Autora do trabalho

Na Figura 19 são apresentadas as doze regras e as superfícies de controle geradas pelo *Matlab*.

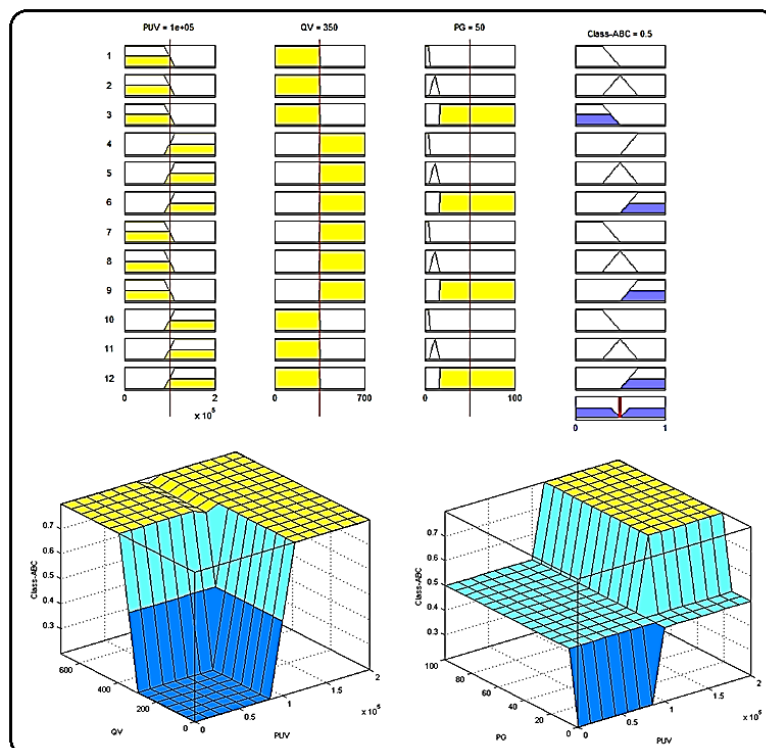


Figura 19. Regras e superfícies de controle geradas em *Matlab*

### 3.1.2 Sistema de Tomada de Decisão

Uma vez estabelecida a classificação dos produtos escolhidos é desenvolvida o sistema de tomada de decisão aproveitando como entrada a classe do produto junto com as variáveis estoque final e quantidade de pendentes, para obter a ação a tomar. A Tabela 8 apresenta o Sistema de Tomada de Decisão, com suas respectivas características, onde para o Método “AND” é considerado o valor mínimo do grau de pertinência dos antecedentes envolvidos e para o Método “OR” o valor máximo; na implicação entre o antecedente e o consequente é utilizado o mínimo grau de pertinência e para agregação o máximo; e o processo de defuzzificação é realizado obtendo o centro de gravidade.

Tabela 8. Características do Sistema de Tomada de Decisão

<b>Tomada de Decisão</b>	
Sistema de Inferência <i>Fuzzy</i>	Sugeno
Método “AND”	Mínimos
Método “OR”	Máximos
Implicação	Mínimos
Agregação	Máximos
Defuzzificação	Centro de gravidade
Entradas (3)	Cl: Classificação – 3 Termos Ef: Estoque Final– 5 Termos Pn: Pendentes – 5 Termos
Saída (1)	AT: Ação a Tomar – 7 Termos
Número de regras	75

Fonte: Autora do trabalho

Na figura 20 é apresentado o diagrama de blocos utilizado para o modelo de tomada de decisão, onde se especificam as variáveis de entrada do sistema o processo de inferência y a variável de saída com a ação a tomar.

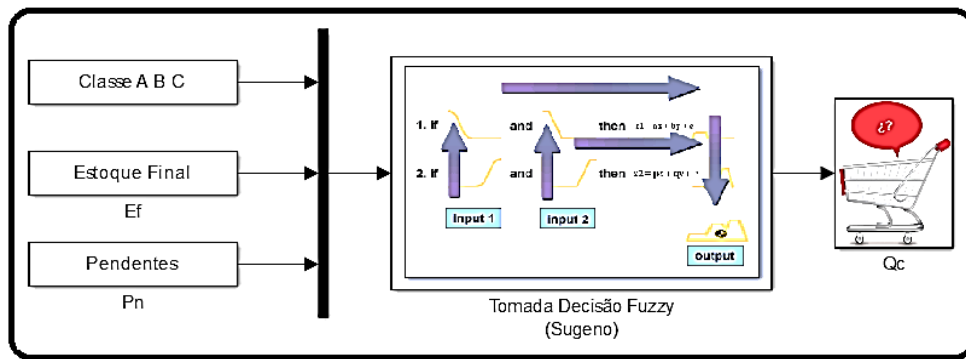


Figura 20. Modelo de Tomada de Decisão fonte: Autora do trabalho

Fonte. Autora

Na figura 21 é apresentada a implementação do modelo de tomada de decisão em *Simulink*.

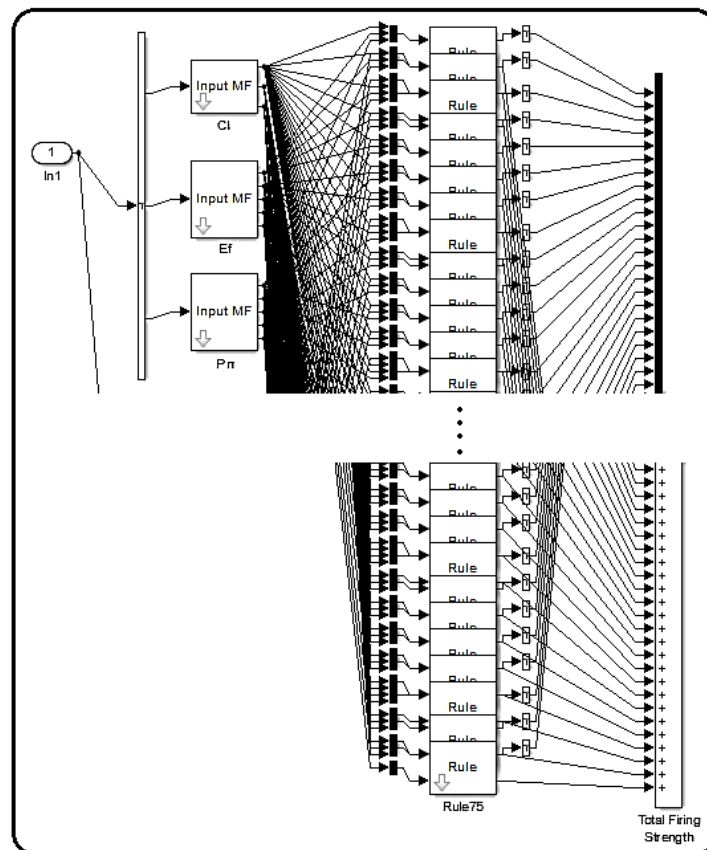


Figura 21. Implementação do Modelo de Tomada de Decisão *Fuzzy* em Simulink Fonte. Autora do trabalho

As variáveis de entrada para o sistema de tomada de decisão são Cl (A, B ou C) , Ef ( Estoque Final) e Pn (Pendientes), e elas contém cinco termos linguísticos: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto.

A seguir são apresentadas as variáveis linguísticas utilizadas no desenvolvimento do sistema de tomada de decisão.

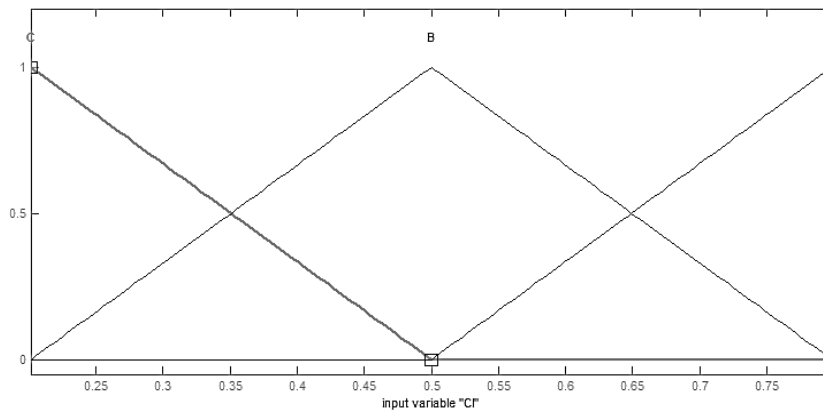


Figura 22. Variável Linguística de entrada “Classificador ABC” Fonte. Autora do trabalho

As equações 11, 12 e 13 representam os termos linguísticos C, B e A utilizados para a variável Cl.

$$\mu_C(Cl) = \begin{cases} 0, & Cl \leq 0 \\ \frac{0,5 - Cl}{0,5}, & 0 < Cl < 0,5 \\ 0, & 0,5 \leq Cl \end{cases} \quad (11)$$

$$\mu_B(Cl) = \begin{cases} 0, & Cl \leq 0 \\ \frac{Cl}{0,5}, & 0 < Cl \leq 0,5 \\ \frac{1 - Cl}{0,5}, & 0,5 < Cl < 1 \\ 0, & 1 \leq Cl \end{cases} \quad (12)$$

$$\mu_A(Cl) = \begin{cases} 0, & Cl \leq 0,5 \\ \frac{Cl - 0,5}{0,5}, & 0,5 < Cl < 1 \\ 0, & 1 \leq Cl \end{cases} \quad (13)$$

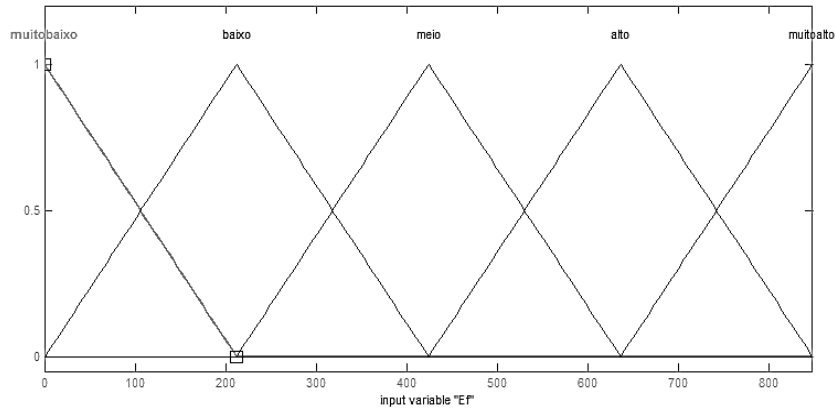


Figura 23. Variável Linguística de entrada “Estoque Final” Fonte. Autora do trabalho

As equações 14, 15, 16, 17 e 18 representam os termos linguísticos utilizados para a variável Ef.

$$\mu_{\text{MuitoBaixo}}(Ef) = \begin{cases} 0, & Ef \leq 0 \\ \frac{212 - Ef}{212}, & 0 < Ef < 212 \\ 0, & 212 \leq Ef \end{cases} \quad (14)$$

$$\mu_{\text{Baixo}}(Ef) = \begin{cases} 0, & Ef \leq 0 \\ \frac{Ef}{212}, & 0 < Ef \leq 212 \\ \frac{424 - Ef}{212}, & 212 < Ef < 424 \\ 0, & 424 \leq Ef \end{cases} \quad (15)$$

$$\mu_{meio}(Ef) = \begin{cases} 0, & Ef \leq 212 \\ \frac{Ef - 212}{212}, & 212 < Ef \leq 424 \\ \frac{636 - Ef}{212}, & 424 < Ef < 636 \\ 0, & 636 \leq Ef \end{cases} \quad (16)$$

$$\mu_{alto}(Ef) = \begin{cases} 0, & Ef \leq 424 \\ \frac{Ef - 424}{212}, & 424 < Ef \leq 636 \\ \frac{848 - Ef}{212}, & 636 < Ef < 848 \\ 0, & 848 \leq Ef \end{cases} \quad (17)$$

$$\mu_{Muitoalto}(Ef) = \begin{cases} 0, & Ef \leq 636 \\ \frac{Ef - 636}{212}, & 636 < Ef < 848 \\ 0, & 848 \leq Ef \end{cases} \quad (18)$$

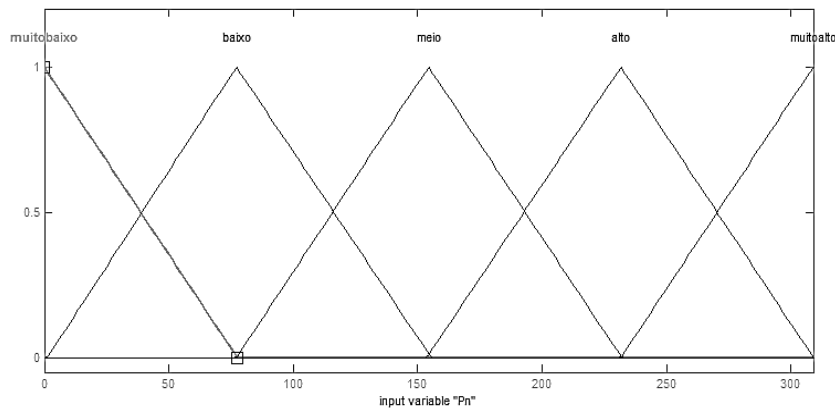


Figura 24. Variável Linguística de entrada “Pndentes” Fonte. Autora do trabalho

As equações 19, 20, 21, 22 e 23 representam os termos linguísticos muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto utilizados na variável Pn.

$$\mu_{\text{MuitoBaixo}}(Pn) = \begin{cases} 0, & Pn \leq 0 \\ \frac{77.4 - Pn}{77.4}, & 0 < Pn < 77.4 \\ 0, & 77.4 \leq Pn \end{cases} \quad (19)$$

$$\mu_{\text{Baixo}}(Pn) = \begin{cases} 0, & Pn \leq 0 \\ \frac{Pn}{77.4}, & 0 < Pn \leq 77.4 \\ \frac{155.5 - Pn}{78.1}, & 77.4 < Pn < 155.5 \\ 0, & 155.5 \leq Pn \end{cases} \quad (20)$$

$$\mu_{\text{meio}}(Pn) = \begin{cases} 0, & Pn \leq 77.4 \\ \frac{Pn - 77.4}{76.6}, & 77.4 < Pn \leq 154 \\ \frac{231.9 - Pn}{77.9}, & 154 < Pn < 231.9 \\ 0, & 231.9 \leq Pn \end{cases} \quad (21)$$

$$\mu_{\text{alto}}(Pn) = \begin{cases} 0, & Pn \leq 153.6 \\ \frac{Pn - 153.6}{78}, & 153.6 < Pn \leq 231.6 \\ \frac{309 - Pn}{77.4}, & 231.6 < Pn < 309 \\ 0, & 309 \leq Pn \end{cases} \quad (22)$$

$$\mu_{\text{Muitoalto}}(Pn) = \begin{cases} 0, & Pn \leq 231.7 \\ \frac{Pn - 231.7}{77.3}, & 231.7 < Pn < 309 \\ 0, & 309 \leq Pn \end{cases} \quad (23)$$

Como o sistema utilizado é do tipo Sugeno, os termos na variável de saída, são um arranjo linear para cada possível regra.



A Equação 24 apresenta um exemplo da composição de uma regra para o arranjo [ a b c d ].

$$Z_i = [(a_i * x) + (b_i * y) + (c_i * z) + d_i] \quad (24)$$

Onde,  $Z_i$  é o nível de saída de cada regra,  $x$ ,  $y$  e  $z$  são os valores de entrada para  $Cl$ ,  $Ei$  e  $Pn$ , respectivamente, e  $i$  é o número da regra.

Para de  $W_i$  é utilizada a Equação 25, que considera o resultado do grau de pertinência dos antecedentes envolvidos e para a obtenção da saída é utilizada a Equação 26.

$$W_i = AndMethod(Cl(x), Ei(y), Pn(z)) \quad (25)$$

$$Saída = \frac{\sum_{i=1}^N W_i * Z_i}{\sum_{i=1}^N W_i} \quad (26)$$

Na Tabela 9 são apresentadas as 75 regras definidas para o sistema de inferência de tomada de decisão.

Tabela 9. Conjunto de regras para a Tomada de Decisão

No.	SE	ENTÃO
1	Se (Cl é C) e (Ef é Muito Baixo) e (Pn é Muito Baixo)	(Qc é Mf1)
2	Se (Cl é C) e (Ef é Muito Baixo) e (Pn é Baixo)	(Qc é Mf2)
3	Se (Cl é C) e (Ef é Muito Baixo) e (Pn é Médio)	(Qc é Mf3)
4	Se (Cl é C) e (Ef é Muito Baixo) e (Pn é Alto)	(Qc é Mf4)
5	Se (Cl é C) e (Ef é Muito Baixo) e (Pn é Muito Alto)	(Qc é Mf5)
6	Se (Cl é C) e (Ef é Baixo) e (Pn é Muito Baixo)	(Qc é Mf6)
7	Se (Cl é C) e (Ef é Baixo) e (Pn é Baixo)	(Qc é Mf7)
8	Se (Cl é C) e (Ef é Baixo) e (Pn é Médio)	(Qc é Mf8)
9	Se (Cl é C) e (Ef é Baixo) e (Pn é Alto)	(Qc é Mf9)
10	Se (Cl é C) e (Ef é Baixo) e (Pn é Muito Alto)	(Qc é Mf10)
11	Se (Cl é C) e (Ef é Médio) e (Pn é Muito Baixo)	(Qc é Mf11)
12	Se (Cl é C) e (Ef é Médio) e (Pn é Baixo)	(Qc é Mf12)
13	Se (Cl é C) e (Ef é Médio) e (Pn é Médio)	(Qc é Mf13)
14	Se (Cl é C) e (Ef é Médio) e (Pn é Alto)	(Qc é Mf14)
15	Se (Cl é C) e (Ef é Médio) e (Pn é Muito Alto)	(Qc é Mf15)

16	Se (Cl é C) e (Ef é Alto) e (Pn é Muito Baixo)	(Qc é Mf16)
17	Se (Cl é C) e (Ef é Alto) e (Pn é Baixo)	(Qc é Mf17)
18	Se (Cl é C) e (Ef é Alto) e (Pn é Médio)	(Qc é Mf18)
19	Se (Cl é C) e (Ef é Alto) e (Pn é Alto)	(Qc é Mf19)
20	Se (Cl é C) e (Ef é Alto) e (Pn é Muito Alto)	(Qc é Mf20)
21	Se (Cl é C) e (Ef é Muito Alto) e (Pn é Muito Baixo)	(Qc é Mf21)
22	Se (Cl é C) e (Ef é Muito Alto) e (Pn é Baixo)	(Qc é Mf22)
23	Se (Cl é C) e (Ef é Muito Alto) e (Pn é Médio)	(Qc é Mf23)
24	Se (Cl é C) e (Ef é Muito Alto) e (Pn é Alto)	(Qc é Mf24)
25	Se (Cl é C) e (Ef é Muito Alto) e (Pn é Muito Alto)	(Qc é Mf25)
26	Se (Cl é B) e (Ef é Muito Baixo) e (Pn é Muito Baixo)	(Qc é Mf26)
27	Se (Cl é B) e (Ef é Muito Baixo) e (Pn é Baixo)	(Qc é Mf27)
28	Se (Cl é B) e (Ef é Muito Baixo) e (Pn é Médio)	(Qc é Mf28)
29	Se (Cl é B) e (Ef é Muito Baixo) e (Pn é Alto)	(Qc é Mf29)
30	Se (Cl é B) e (Ef é Muito Baixo) e (Pn é Muito Alto)	(Qc é Mf30)
31	Se (Cl é B) e (Ef é Baixo) e (Pn é Muito Baixo)	(Qc é Mf31)
32	Se (Cl é B) e (Ef é Baixo) e (Pn é Baixo)	(Qc é Mf32)
33	Se (Cl é B) e (Ef é Baixo) e (Pn é Médio)	(Qc é Mf33)
34	Se (Cl é B) e (Ef é Baixo) e (Pn é Alto)	(Qc é Mf34)
35	Se (Cl é B) e (Ef é Baixo) e (Pn é Muito Alto)	(Qc é Mf35)
36	Se (Cl é B) e (Ef é Médio) e (Pn é Muito Baixo)	(Qc é Mf36)
37	Se (Cl é B) e (Ef é Médio) e (Pn é Baixo)	(Qc é Mf37)
38	Se (Cl é B) e (Ef é Médio) e (Pn é Médio)	(Qc é Mf38)
39	Se (Cl é B) e (Ef é Médio) e (Pn é Alto)	(Qc é Mf39)
40	Se (Cl é B) e (Ef é Médio) e (Pn é Muito Alto)	(Qc é Mf40)
41	Se (Cl é B) e (Ef é Alto) e (Pn é Muito Baixo)	(Qc é Mf41)
42	Se (Cl é B) e (Ef é Alto) e (Pn é Baixo)	(Qc é Mf42)
43	Se (Cl é B) e (Ef é Alto) e (Pn é Médio)	(Qc é Mf43)
44	Se (Cl é B) e (Ef é Alto) e (Pn é Alto)	(Qc é Mf44)
45	Se (Cl é B) e (Ef é Alto) e (Pn é Muito Alto)	(Qc é Mf45)
46	Se (Cl é B) e (Ef é Muito Alto) e (Pn é Muito Baixo)	(Qc é Mf46)
47	Se (Cl é B) e (Ef é Muito Alto) e (Pn é Baixo)	(Qc é Mf47)
48	Se (Cl é B) e (Ef é Muito Alto) e (Pn é Médio)	(Qc é Mf48)
49	Se (Cl é B) e (Ef é Muito Alto) e (Pn é Alto)	(Qc é Mf49)
50	Se (Cl é B) e (Ef é Muito Alto) e (Pn é Muito Alto)	(Qc é Mf50)
51	Se (Cl é A) e (Ef é Muito Baixo) e (Pn é Muito Baixo)	(Qc é Mf51)
52	Se (Cl é A) e (Ef é Muito Baixo) e (Pn é Baixo)	(Qc é Mf52)
53	Se (Cl é A) e (Ef é Muito Baixo) e (Pn é Médio)	(Qc é Mf53)
54	Se (Cl é A) e (Ef é Muito Baixo) e (Pn é Alto)	(Qc é Mf54)
55	Se (Cl é A) e (Ef é Muito Baixo) e (Pn é Muito Alto)	(Qc é Mf55)
56	Se (Cl é A) e (Ef é Baixo) e (Pn é Muito Baixo)	(Qc é Mf56)
57	Se (Cl é A) e (Ef é Baixo) e (Pn é Baixo)	(Qc é Mf57)
58	Se (Cl é A) e (Ef é Baixo) e (Pn é Médio)	(Qc é Mf58)
59	Se (Cl é A) e (Ef é Baixo) e (Pn é Alto)	(Qc é Mf59)
60	Se (Cl é A) e (Ef é Baixo) e (Pn é Muito Alto)	(Qc é Mf60)
61	Se (Cl é A) e (Ef é Médio) e (Pn é Muito Baixo)	(Qc é Mf61)
62	Se (Cl é A) e (Ef é Médio) e (Pn é Baixo)	(Qc é Mf62)
63	Se (Cl é A) e (Ef é Médio) e (Pn é Médio)	(Qc é Mf63)
64	Se (Cl é A) e (Ef é Médio) e (Pn é Alto)	(Qc é Mf64)
65	Se (Cl é A) e (Ef é Médio) e (Pn é Muito Alto)	(Qc é Mf65)
66	Se (Cl é A) e (Ef é Alto) e (Pn é Muito Baixo)	(Qc é Mf66)
67	Se (Cl é A) e (Ef é Alto) e (Pn é Baixo)	(Qc é Mf67)

68	Se (Cl é A) e (Ef é Alto) e (Pn é Médio)	(Qc é Mf68)
69	Se (Cl é A) e (Ef é Alto) e (Pn é Alto)	(Qc é Mf69)
70	Se (Cl é A) e (Ef é Alto) e (Pn é Muito Alto)	(Qc é Mf70)
71	Se (Cl é A) e (Ef é Muito Alto) e (Pn é Muito Baixo)	(Qc é Mf71)
72	Se (Cl é A) e (Ef é Muito Alto) e (Pn é Baixo)	(Qc é Mf72)
73	Se (Cl é A) e (Ef é Muito Alto) e (Pn é Médio)	(Qc é Mf73)
74	Se (Cl é A) e (Ef é Muito Alto) e (Pn é Alto)	(Qc é Mf74)
75	Se (Cl é A) e (Ef é Muito Alto) e (Pn é Muito Alto)	(Qc é Mf75)

Fonte: Autora do trabalho

Nas Figuras 25 e 26 são apresentadas as regras e as superfícies de controle geradas pelo *Matlab*.

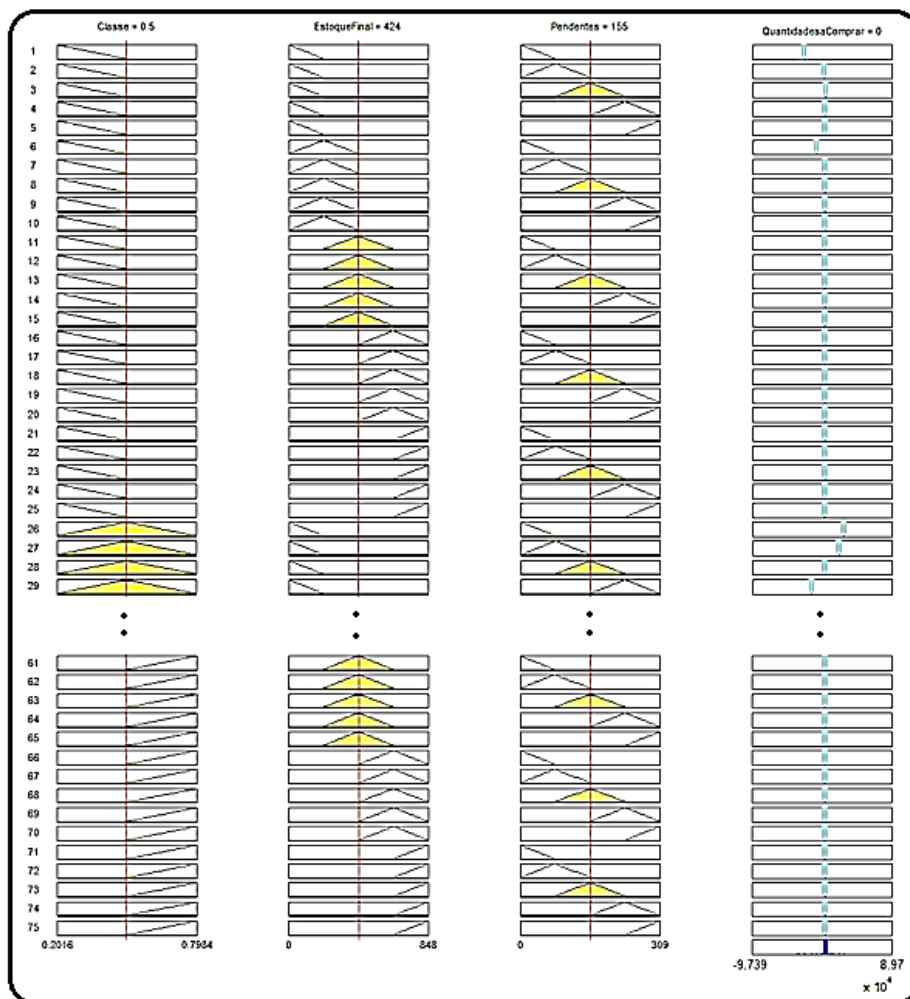


Figura 25. Regras geradas em *Matlab* Fonte. Autora do trabalho

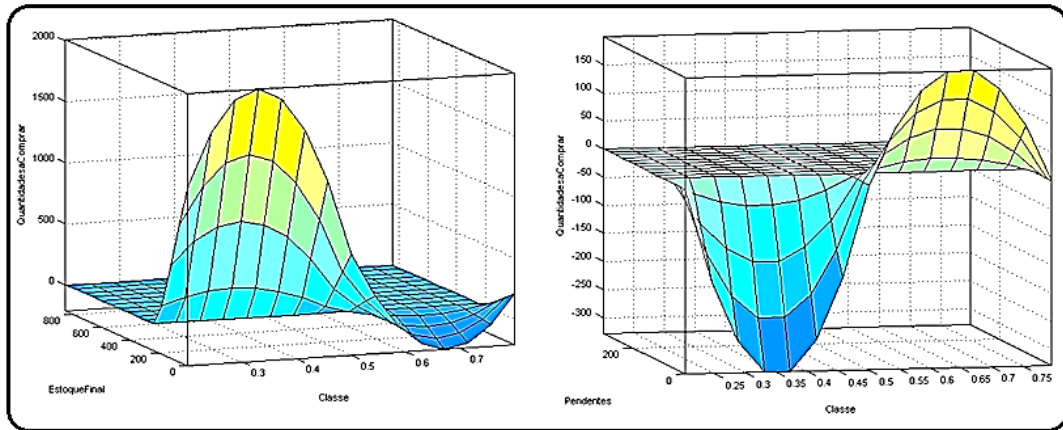


Figura 26. Superfícies geradas em *Matlab* Fonte. Autora do trabalho

### 3.2 Cálculo da Utilidade

Para validação dos resultados obtidos, foi desenvolvido na plataforma *Matlab*, com base na programação visual *Simulink*, o cálculo da utilidade em um período de tempo estabelecido, e posteriormente comparado com os resultados dos históricos para estabelecer a melhora no desempenho ao ser aplicado o sistema de inferência proposto.

Como variáveis de entrada foram estabelecidas, os custos incorridos no processo produtivo os quais foram aportados pela empresa, onde se classificaram em:  $PUV$ ,  $Q_v$   $C_e$  (custo de estocagem),  $C_c$  (custo de compra) e  $C_d$  (custo do depósito).

Na Figura 27 é apresentado o diagrama de blocos para o cálculo da utilidade, considerando um período fixo de tempo ( $t$ ) de 334 dias, para cada produto com a suas respectivas variáveis de custos.

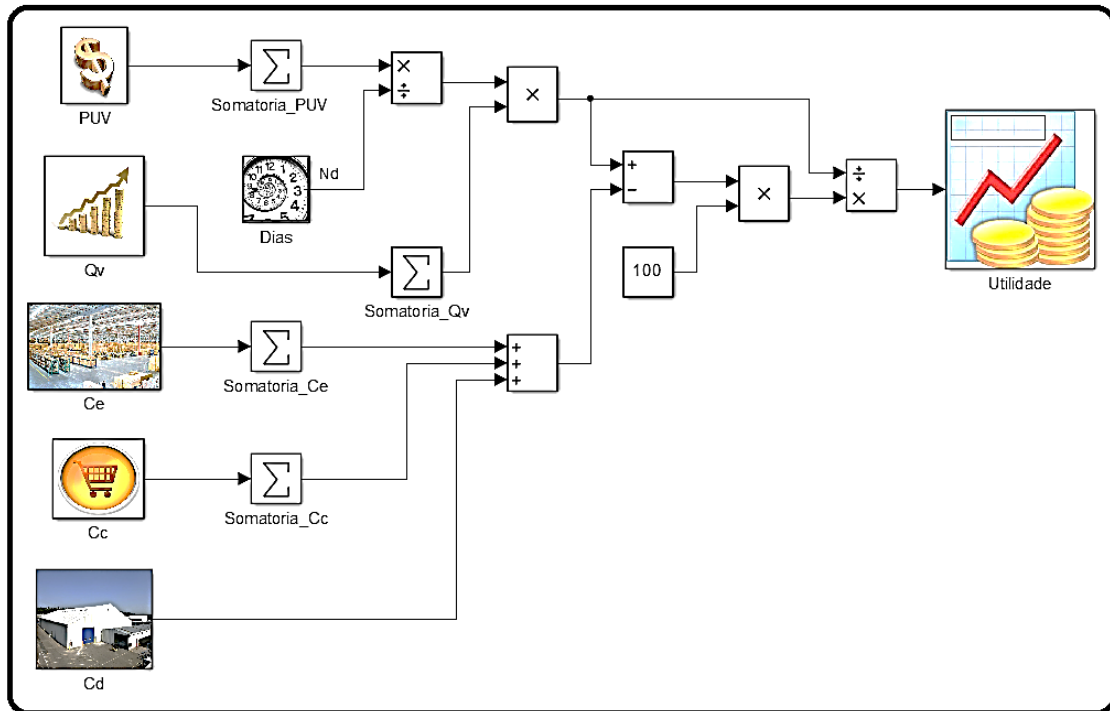


Figura 27. Diagrama de blocos para o cálculo da utilidade Fonte. Autora do trabalho

As Equações 27 e 28 são utilizadas para determinar o Estoque Inicial ( $Ei$ ) e a Demanda ( $D$ ).

$$Ei(t) = Ef(t - 1) + Qv(t) \quad (27)$$

$$D(t) = Pe(t) + Pn(t - 1) \quad (28)$$

A Equação 29 é utilizada para determinar as Quantidades Vendidas ( $Qv$ ), com base em uma relação condicional.

$$Qv(t) = \begin{cases} D(t), & D(t) \leq Ei(t) \\ Ei(t), & D(t) > Ei(t) \end{cases} \quad (29)$$

Utilizando as Equações 30 e 31, são obtidos os Pendentes ( $Pn$ ) e o Estoque Final ( $Ef$ ).

$$Pn(t) = D(t) - Qv(t) \quad (30)$$

$$Ef(t) = Ei(t) - Qv(t) \quad (31)$$

Para determinar as Quantidades Recebidas ( $Qr$ ) é utilizada a Equação 32. Como nem todos os produtos são entregues imediatamente quando o pedido é realizado, foi incluída a variável  $n$  que representa o tempo de atraso na entrega.

$$Qr(t) = Qc(t - n) \quad (32)$$

Os Custos de Estocagem ( $Ce$ ) e Compras ( $Cc$ ) considerados no modelo são obtidos utilizando as Equações 33 e 34.

$$Ce(t) = Ef(t) * Cie(t) \quad (33)$$

$$Cc(t) = Qc(t) * Cic(t) \quad (34)$$

Finalmente a utilidade é determinada utilizando a Equação 35, considerando o somatório de todas as atividades no período  $t = [1...334]$ .

$$U = \frac{\left[ \left[ \sum_{t=1}^{334} Qv(t) \right] * PUV \right] - \left[ \sum_{t=1}^{334} Ce(t) + Cc(t) + Cd(t) \right] * 100}{\left[ \sum_{t=1}^{334} Qv(t) \right] * PUV} \quad (35)$$

### 3.3 Resultados Obtidos

Foram utilizados os dados fornecidos pela empresa para três produtos que são apresentados na Figura 28. Cada um dos produtos pertence a classificações diferentes, sendo a Madeira MDF **tipo A**, a Dobradiça **tipo B** e a Cola Carpincol **tipo C**. O período de tempo utilizado para realizar as simulações para todos os produtos foi de 334 dias.




REFERENCIA	DESCRIÇÃO	EMBALAGEM	UNIDAD DE MEDIDA/ FORMATO-MTS	CANT. POR EMBALAGEM	PREÇO IVA INCLUIDO	IMAGEM
MDFMF318	Madera MDF Masisa	PLASTICO	2,12x2,44 18MM	1	140.789	
FIBAO107	Dobradiça para portas em aço inox	CAIXA	3"x4"x2,5MM (PARES)	50	10.126	
FCA1KL	Cola Carpincol 1 kilo	GARRAFA PLASTICA	GALON	1	6.624	

Figura 28. Produtos utilizados para as simulações Fonte. Autora do trabalho

Os dados fornecidos para os produtos apresentados nas Tabelas 10, 11 e 12 são, o Estoque Inicial no tempo  $t = I$ , os pedidos para todo o período de simulação, o custo individual de estocagem, o custo individual de compra e finalmente o tempo de entrega.

Tabela 10. Dados para simulação de Madeira MDF

<b>Madeira MDF</b>	
<b>Estoque Inicial (<math>t = I</math>)</b>	70 unidades
<b>Somatório dos Pedidos</b>	10.386
<b>Custo Individual de Estocagem</b>	4.364
<b>Custo Individual de Compra</b>	68.014
<b>Tempo para Entrega</b>	2 dias

Fonte: Autora do trabalho

Tabela 11. Dados para simulação de Dobradiça

<b>Dobradiça</b>	
<b>Estoque Inicial (<math>t = I</math>)</b>	70 unidades
<b>Somatório dos Pedidos</b>	25.650
<b>Custo Individual de Estocagem</b>	223
<b>Custo Individual de Compra</b>	4.892
<b>Tempo para Entrega</b>	1 dia

Fonte: Autora do trabalho

Tabela 12. Dados para simulação de Cola Carpincol

Cola Carpincol	
<b>Estoque Inicial (<math>t = 1</math>)</b>	70 unidades
<b>Somatório dos Pedidos</b>	4.488
<b>Custo Individual de Estocagem</b>	102
<b>Custo Individual de Compra</b>	3.020
<b>Tempo para Entrega</b>	1 dia

Fonte: Autora do trabalho

Na Figura 29 são apresentados os comportamentos dos estoques finais no modelo convencional e no modelo Fuzzy para o período de simulação, é importante indicar que para o modelo convencional o estoque médio teve um valor de 188 unidades e para o modelo Fuzzy foi de 105 unidades.

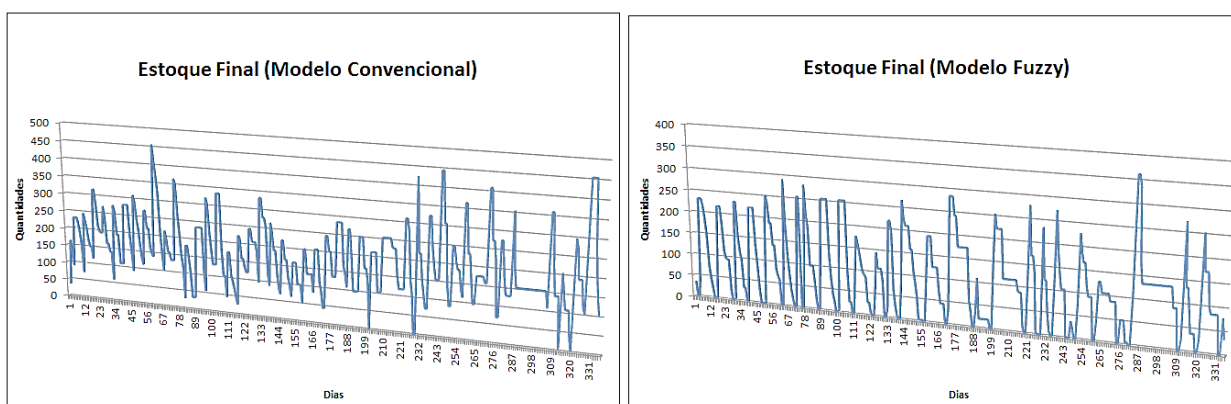


Figura 29. Modelo de Tomada de Decisão para o produto MDF Fonte. Autora do trabalho

Os resultados obtidos para o produto Dobradiças são apresentados na Tabela 14. É possível observar que a utilidade obtida no modelo *Fuzzy* atingiu 16,08% de melhoria sobre o modelo convencional.



Tabela 113. Resultados comparativos dos modelos simulados para Dobradiças

Dobradiças	Quantidades Compradas	Estoque Final	Custo Estocagem	Custo Compras	Estoque Médio	Utilidade
Modelo Convencional	26.120	540	52.278.874	131.299.869	703	29,81%
Modelo Fuzzy	25.600	20	11.686.506	128.870.624	157	45,89%

Fonte: Autora do trabalho

Na Figura 30 são apresentados os comportamentos dos estoques finais no modelo convencional e no modelo *Fuzzy* para o período de simulação. É importante indicar que para o modelo convencional o estoque médio teve um valor de 703 unidades e para o modelo *Fuzzy* foi de 157 unidades.

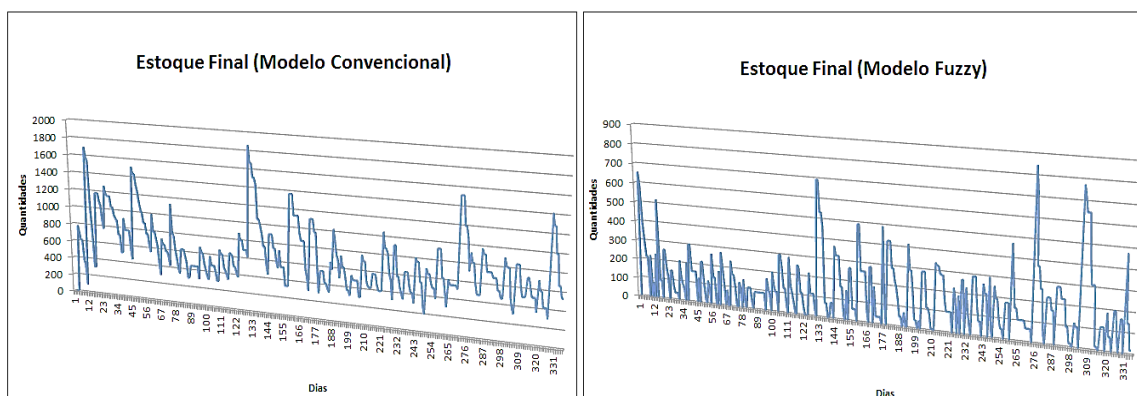


Figura 30. Modelo de Tomada de Decisão para o produto Dobradiças Fonte. Autora do trabalho

Os resultados obtidos para o produto Cola Carpincol são apresentados na Tabela 15. É possível observar que a utilidade obtida no modelo Fuzzy atingiu 5,66% de melhoria sobre o modelo convencional.

Tabela 14. Resultados comparativos dos modelos simulados para Cola Carpincol

Cola	Quantidades Compradas	Estoque Final	Custo Estocagem	Custo Compras	Estoque Médio	Utilidade
Modelo Convencional	4.470	52	2.351.107	13.464.580	69	34,44%
Modelo Fuzzy	4.420	2	776.094	13.313.766	23	40,10%

Fonte: Autora do trabalho

Na Figura 31 são apresentados os comportamentos dos estoques finais no modelo convencional e no modelo *Fuzzy* para o período de simulação. É importante indicar que para o modelo convencional o estoque médio teve um valor de 69 unidades e para o modelo Fuzzy foi de 23 unidades.

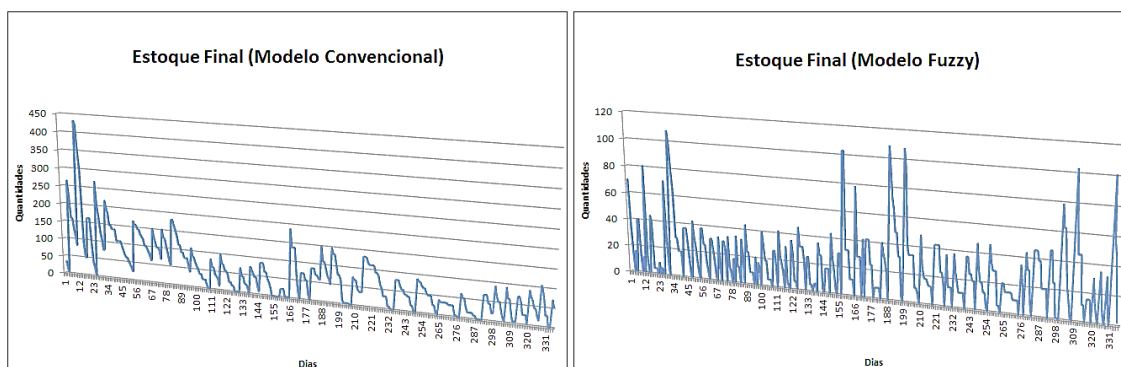


Figura 31. Modelo de Tomada de Decisão para o produto Cola Fonte. Autora do trabalho

Os resultados obtidos para o produto Madeira MDF são apresentados na Tabela 15. É possível observar que, em relação ao modelo convencional, para o modelo *Fuzzy*, a utilidade obtida no modelo Fuzzy atingiu 7,58% de melhoria sobre o modelo convencional desenvolvido pela empresa.

Tabela 15. Resultados comparativos dos modelos simulados para Madeira MDF

<b>MDF</b>	<b>Quantidades Compradas</b>	<b>Estoque Final</b>	<b>Custo Estocagem</b>	<b>Custo Compras</b>	<b>Estoque Médio</b>	<b>Utilidade</b>
Modelo Convencional	10.420	104	273.965.548	706.279832	188	33,73%
Modelo Fuzzy	10.350	34	151.633.990	716.027.396	105	41,31%

Fonte: Autora do trabalho

Apos o desenvolvimento do calculo da utilidade no caso dos três produtos escolhidos para realizar o sistema de inferência Fuzzy é possível observar nas tabelas 13, 14 e 15 como o sistema Fuzzy além de permitir gerar maior utilidade em cada caso tem comportamentos diferentes de acordo com a classe do produto; assim para o produto MDF classificado como produto A, o custo de compra aumento com relação ao modelo convencional empregado pela empresa e diminuiu o custo de estocagem; a diferencia dos produtos Dobradiças tipo B e Cola Carpincol tipo C onde tanto as quantidades compradas como o custo de estocagem foi diminuído, deixando claro a importância do tratamento nos produtos A da empresa.

Dessa forma, verificou-se que é viável a utilização da Lógica Fuzzy na gestão de estoques numa indústria moveleira, uma vez que com a criação do sistema de inferência foi possível auxiliar o processo de tomada de decisão brindando a resposta rápida as perguntas de quanto pedir? e quando pedir? para que fora feito o reabastecimento dos itens sem que ocorresse falta dos mesmos, aproveitando os históricos, e a experiência dos especialistas da empresa.

## 4. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

A gestão de estoques é, sem dúvida, um assunto vital no gerenciamento das cadeias de suprimentos. Identificar os itens do inventário que tem maior impacto dentro de um valor global (de estoque, de venda, de custos) pode facilitar o desenvolvimento de estratégias de controle de estoques específicas para cada categoria de produtos dentro da organização.

Dessa forma, foi desenvolvido e apresentado um sistema de inferência para realizar a gestão de estoques em uma indústria moveleira da Colômbia que, além de estabelecer as categorias dos produtos com base na participação global das vendas da empresa, no preço de venda e nas quantidades vendidas, possibilita a tomada de decisão no que tange ao reabastecimento dos itens, obtendo sucesso na sua aplicação.

Para seu desenvolvimento foi empregado o conhecimento e experiência de quatro especialistas responsáveis pela gestão de estoques na empresa objeto de estudo e um histórico de dados aportado pela empresa. Com base no conhecimento especialista, definiram-se as regras para o sistema de inferência. Posteriormente, foi realizada a comparação da metodologia tradicional da empresa com a modelagem *Fuzzy* obtendo uma maior otimização no processo produtivo e, conseqüentemente melhorando o desempenho da cadeia de suprimentos envolvida.

Adicionalmente, foi realizada satisfatoriamente uma análise dos principais conceitos, abordagens e políticas existentes na literatura, sobre gestão de estoques e gestão da cadeia de suprimentos, assim como a identificação dos conceitos, abordagens e modelos existentes na literatura de Lógica *Fuzzy* para gestão de estoques e tomada de decisão.

Verificou-se que as inconformidades com respeito ao recebimento dos pedidos e ao atraso nas entregas por parte dos clientes poderiam ser melhoradas com a aplicação do sistema de inferência proposto, observando a diminuição considerável do número de pendentes e gerando uma maior integração da organização com os seus clientes e as suas necessidades.

Finalmente, os resultados apresentados por o sistema desenvolvido sugerem que a Lógica *Fuzzy* pode ser utilizada como auxílio para o controle dos estoques em diferentes cadeias de suprimentos, graças a sua capacidade para simular e replicar os elementos do raciocínio humano presentes nos processos de tomada de decisão que envolvem variáveis qualitativas e quantitativas sujeitas a variações como é o caso da gestão de estoques.

Como trabalho futuro sugere-se realizar contatos com empresas da indústria moveleira em primeira instância para testar a validade e utilidade do modelo proposto nos sistemas de produção existentes, assim como a standardização do sistema de inferência com a inclusão de mais características para torná-lo adaptativo para qualquer tipo de indústria.

## 5. Referências Bibliográficas

ADILÉA, Wagner. **Extração de Conhecimento a partir de Redes Neurais aplicada ao Problema da Cinemática Inversa na Robótica**. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) Porto Alegre: Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO MOBILIÁRIO (ABIMÓVEL). Panorama do Setor Moveleiro no Brasil. São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://www.abimovel.com/>>, 2004. Acesso em 17 sep 2011

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONOMICO E SOCIAL (BNDES). Porte de Empresas, 2010. Disponível em : [http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes\\_pt/Institucional/Apoio\\_Financeiro/porte.html,2010](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/porte.html,2010). Acesso em 17 sep 2011.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: Planejamento, organização e logística empresarial**. Tradução Elias Pereira. 4.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

BLANCHE, R., DUBUCS, J.P., 2001, **História da Lógica**. 1 ed. Portugal, Edições 70

BOOTH, W. **The craft of research** (3rd ed.). Chicago: University of Chicago Press, 2008.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. **Logística Empresarial: O processo de integração da cadeia de suprimentos**. São Paulo: Atlas, 2001.

CAMPOS FILHO, P. **Método para apoio à decisão na verificação da sustentabilidade de uma unidade de conservação, usando lógica Fuzzy**. 2004. 210 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

CATELLAN , L., CEVOLANI, D.,TAMMELA, I 2012- **Competição baseada no tempo e manufatura ágil: Uma revisão bibliográfica – conceitos, semelhanças e diferenças**. IX SEGeT 2012 – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. Tema: Gestão, Inovação e Tecnologia para a Sustentabilidade.

CEBI, F.; KAHRAMANK, C.; BOLAT, B., 2010. **A multiattribute ABC classification model using fuzzy AHP**. Disponível em: <[http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs\\_all.jsp?arnumber=5668233](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=5668233)> Acesso em: 26 Sep 11.

CHUN-CHIN Wei., GIN-SHUH Liang., MAO-JIUN J. Wang., 2007, “**A comprehensive supply chain management project selection framework under Fuzzy environment**”, International Journal of Project Management, v.25 (Aug), pp 627-636.

CORRÊA, Henrique L.;GIANESI, Irineu G.N. **Just-in-Time, MRPII e OPT: Um enfoque estratégico**. 2a. Ed. São Paulo: Ed. Atlas S.A., 1994.

CORREA, H. L., GIANESI, I. G. N. e CAON M. **Planejamento, Programação e Controle da Produção**. São Paulo: Atlas, 2001.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, GIANESI, I. G. N. CAON, M. **Planejamento, programação e controle da produção: MRP II / ERP conceitos, uso e implantação**. São Paulo : Atlas.2008.

COSENZA, C.A.N., 1981. **A Industrial Location Model. Working paper.** Cambridge: Martin Centre for Architectural and Urban Studies, Cambridge University, UK.

COSENZA, C.A. N. – **Seminário Porto de Sepetiba** – Portal do Atlântico Sul. BNDES,11/abril/2003.Disponível em:

[http://www.bndes.gov.br/conhecimento/publicacoes/catalogo/s\\_sepitiba.asp](http://www.bndes.gov.br/conhecimento/publicacoes/catalogo/s_sepitiba.asp) .

COSENZA, H.J.S.R. et al., 2006. **Aplicação de Um Modelo de Hierarquização Como Instrumento para Tomada de Decisão: Caso de uma Multinacional.** In: XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP 2006, Fortaleza.

CHING, Hong Yuh. **Gestão de Estoques na Cadeia de Logística Integrada – Supply Chain.** 2. ed. São Paulo, Editora Atlas., 2001.

DIAS, Marco Aurélio P. **Administração de Materiais, uma abordagem logística.** 4. ed. São Paulo: Editora Atlas., 1993.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Tendencia en los últimos años y situación actual del sector forestal colombiano, 2004. Disponível em: [http://www.fao.org/docrep/007/j4192s/j4192s06.htm#P317\\_24702](http://www.fao.org/docrep/007/j4192s/j4192s06.htm#P317_24702). Acesso em 25 sep 2011.

GANGA, G. M. D. **Proposta de um modelo de simulação baseado em lógica fuzzy e no SCOR para prever o desempenho da empresa-foco em cadeias de suprimentos.** Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010. 252 p. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18140/tde-18042010-094318/>.

GARCIA, Eduardo Saggioro [*et al.*]- **Gestão de Estoques: Otimizando a logística e a cadeia de suprimentos.** 1ª ed. Rio de Janeiro: E-Papers Serviços Editoriais, 2006.



Hu, M. and Ruan, J. (2010) *Application of Fuzzy Forecast of Inventory Management in Auto Company*. ICLEM 2010: pp. 4438-4443.

HUM, S. H.; SIM, H. H. **Time-Based Competition: Literature Review and Implications for Modeling**. International Journal of Operations and Production Management, v. 16, n. 1, p. 75-90, 1996.

JAIN, V.; BENYOUCEF, L.; DESHMUKHD, S., 2008. **A new approach for evaluating agility in supply chains using Fuzzy Association Rules Mining**. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 21, p.367-385.

KACPRZYK, J. **Multistage fuzzy control**. Chichester, UK: John Wiley Sons, 1997.

KLIR, George; CLAIR, Ute H. St.; YUAN, Bo. **Fuzzy Set Theory – Foundations and Applications**, Estados Unidos : ed. Prentice Hall, 1997.

KRAJEWSKI, L. J. & RITZMAN, L. P. **Operations Management: Strategy and Analysis**, 5th edition, 2002.

MALUTTA, César. **Método de apoio à tomada de decisão sobre adequação de aterros sanitários utilizando a Lógica Fuzzy**. 2004. Disponível em: <<http://teses.eps.ufsc.br/defesa/pdf/11633.pdf>>.

MAMDANI, E.; ASSILIAN, S. **An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller**, International Journal of Man Machine Studies, Vol. 7, No. 1, pp. 1-13. 1975.

MARCONI, Marina de Andrade. LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. rev. São Paulo: Atlas, 2010.

MENDIBURU, Henry Antonio.; **Gestión dinámica de proyectos mediante lógica Fuzzy**. Foro Internacional de Voces Expertas para Integrar Tecnología y Negocios en un Mundo Global, EXPO COMM, México, Feb/2008

MOREIRA, D.A.; **Administração da produção e operações**. São Paulo: Thomson Learning, 2006.

N. Gunasekaran, S. Rathesh, S. Arunachalam, S.C.L. Koh, (2006) "**Optimizing supply chain management using fuzzy approach**", Journal of Manufacturing Technology Management, Vol. 17 Iss: 6, pp.737 - 749

NOVAES, Antônio Galvão. Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. 408p.

PEDRYCZ, W.; GOMIDE, F. **An Introduction to Fuzzy Sets: Analysis and Design**. Massachusetts: MIT Press, 1998.

PIRES, Sílvio R. I. **Gestão da Cadeia de Suprimentos: Conceitos, Estratégias, Práticas e Casos**. São Paulo: Atlas 2009.

QUEIROZ, Gilbert. D. S; CABRAL, Jandecy. L. **Aplicação da Lógica Fuzzy à gestão de estoques**. In: 1º CONEPROSUL, 2010, Joinville-SC. Competitividade na Engenharia de Produção: Inovação e Sustentabilidade, 2010.

RITZMAN, Larry. P.; KRAJEWSKI, Lee. J. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pearson – Prentice Hall, 2004.

ROSS, Timothy J. (2004) *Fuzzy Logic with Engineering applications* – 2nd ed. John Wiley & Sons.

ROTSHEIN, Alexander. *et al. Inventory control as identification problem based on Fuzzy Logic*. Disponível em:

[http://braude.ort.org.il/industrial/13thconf/html/%5Cfiles%5C150\\_p.pdf](http://braude.ort.org.il/industrial/13thconf/html/%5Cfiles%5C150_p.pdf) Acesso em 16

Sep 11.

SANTOS, G. Q., CABRAL J, L., **Aplicação da Lógica Fuzzy à Gestão de Estoques**. In: 1º CONEPROSUL, 2010, Joinville-SC. Competitividade na Engenharia de Produção: Inovação e Sustentabilidade.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE). Boletim Estatístico de Micro e Pequenas Empresas. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br>>, 2004. Acesso em 17 sep 2011

SIMÕES, Marcelo Godoy; SHAW, Ian S. **Controle e modelagem fuzzy**. São Paulo: Blucher/FAPESP, 2007.

SIO-FAN Lou, YAIN-WHAR Si, *Fuzzy Adaptive Agent for Supply Chain Management*, Proceedings of the IEEE/WIC/ACM international conference on Intelligent Agent Technology Volume 7 Issue 2, April 2009. Pages 209-222.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; HARLAND, Christini et al. **Administração da produção**. Edição única, São Paulo: Editora Atlas., 2002.

STEWART, Gordon. *Supply-chain operations reference model (SCOR): the first cross-industry framework for integrated supply-chain management*. Logistics information Management. Vol. 10 number 2. 1997.

SUPPLY-CHAIN COUNCIL (2006), *Supply-chain operations reference-model* [on line] Available at: <[www.supply-chain.org](http://www.supply-chain.org)>.

TADEU, Hugo Ferreira Braga. **Gestão de Estoques: Fundamentos, Modelos Matemáticos e Melhores práticas**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

TAMMELA, I., 2004, **Competição Baseada no Tempo: Produção do Conhecimento e Um Estudo de Caso numa Indústria Moveleira**. Dissertação de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

TANSCHKEIT, Ricardo. **Sistemas Fuzzy**. Disponível em: <[http://www.ica.ele.pucpr.br/cursos/download/ICA-Sistemas%20 Fuzzy.pdf](http://www.ica.ele.pucpr.br/cursos/download/ICA-Sistemas%20Fuzzy.pdf)>. Acesso em 17 Sep 11.

WANKE, Peter. **Gestão de Estoques na Cadeia de Suprimento: Decisões e Modelos Quantitativos**. São Paulo: Atlas, 2003.

WEBER, L.; KLEIN, P.A.T. Aplicação da Lógica Fuzzy em Software e Hardware. ULBRA, 2003.

XIE, Ying and PETROVIC, Dobrila (2006) *Fuzzy logic based decision making system for stock allocation in a distribution supply chain*. Intelligent Systems in Accounting, Finance & Management, 14. pp. 27-42. ISSN 1099-1174.

YIN, R. K. (2005) (editor). *Introducing the world of education. A case study reader*. Thousand Oaks: Sage Publications.

ZADEH, L.A. (1976). *"Fuzzy Sets as a Basis for a Theory of Possibility"*. Fuzzy Sets and Systems, Vol. 1: 3-28.

## 6. Anexos

a. Primeiro Questionário aplicado aos especialistas da empresa objeto de estudo



Questionário Decisor - Posição: \_\_\_\_\_ na Empresa objeto de estudo

### Questionário No. 1

#### Anexo a. Seleção de Variáveis e Termos Linguísticos

A informação deste questionário será utilizada para determinar e avaliar o conjunto de critérios ou variáveis mais relevantes para realizar uma adequada gestão de estoques numa cadeia de suprimentos, assim como para definir os termos linguísticos a empregar para cada uma dessas variáveis selecionadas no sistema de inferência *Fuzzy* proposto.

Enumere de 1 a 5 as variáveis que influenciam em maior parte a gestão de estoques numa organização. Caso exista uma variável que você considere importante e não tenha sido contemplada, inclua-a na lista.

- Preço por unidade de venda
- Quantidades Vendidas
- Quantidades em Estoque
- Lucro
- Participação nas vendas globais
- Tempo de permanência do produto na empresa
- Porcentagem de participação nas vendas do produto
- Custos
- Demanda
- Estoque Final
- Quantidade produtos pendentes
- Outros: \_\_\_\_\_

Uma vez escolhidas as variáveis, estabeleça o grau de medição das mesmas no processo produtivo, com o intuito de estabelecer a prioridade dos produtos para um sistema classificador Tipo A, B e C e a tomada de decisão no que concerne a "Quanto pedir?", "Quando pedir?" e "Quanto manter em estoques de segurança?".

**PUV. Preço por Unidade de Venda**

- |                          |                          |                          |                           |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <b>Extremamente Alto</b> | <input type="checkbox"/> | <b>Extremamente Baixo</b> |
| <input type="checkbox"/> | <b>Muito Alto</b>        | <input type="checkbox"/> | <b>Muito Baixo</b>        |
| <input type="checkbox"/> | <b>Pouco Alto</b>        | <input type="checkbox"/> | <b>Pouco Baixo</b>        |
| <input type="checkbox"/> | <b>Levemente Alto</b>    | <input type="checkbox"/> | <b>Levemente Baixo</b>    |
| <input type="checkbox"/> | <b>Alto</b>              | <input type="checkbox"/> | <b>Baixo</b>              |
| <input type="checkbox"/> | <b>Médio</b>             |                          |                           |

**QV. Quantidade Vendida**

- |                          |                          |                          |                           |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <b>Extremamente Alto</b> | <input type="checkbox"/> | <b>Extremamente Baixo</b> |
| <input type="checkbox"/> | <b>Muito Alto</b>        | <input type="checkbox"/> | <b>Muito Baixo</b>        |
| <input type="checkbox"/> | <b>Pouco Alto</b>        | <input type="checkbox"/> | <b>Pouco Baixo</b>        |
| <input type="checkbox"/> | <b>Levemente Alto</b>    | <input type="checkbox"/> | <b>Levemente Baixo</b>    |
| <input type="checkbox"/> | <b>Alto</b>              | <input type="checkbox"/> | <b>Baixo</b>              |
| <input type="checkbox"/> | <b>Médio</b>             |                          |                           |

**QE. Quantidade em Estoque**

- |                          |                          |                          |                           |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <b>Extremamente Alto</b> | <input type="checkbox"/> | <b>Extremamente Baixo</b> |
| <input type="checkbox"/> | <b>Muito Alto</b>        | <input type="checkbox"/> | <b>Muito Baixo</b>        |
| <input type="checkbox"/> | <b>Pouco Alto</b>        | <input type="checkbox"/> | <b>Pouco Baixo</b>        |
| <input type="checkbox"/> | <b>Levemente Alto</b>    | <input type="checkbox"/> | <b>Levemente Baixo</b>    |
| <input type="checkbox"/> | <b>Alto</b>              | <input type="checkbox"/> | <b>Baixo</b>              |
| <input type="checkbox"/> | <b>Médio</b>             |                          |                           |

**L. Lucro**

- |                          |                          |                          |                           |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <b>Extremamente Alto</b> | <input type="checkbox"/> | <b>Extremamente Baixo</b> |
| <input type="checkbox"/> | <b>Muito Alto</b>        | <input type="checkbox"/> | <b>Muito Baixo</b>        |
| <input type="checkbox"/> | <b>Pouco Alto</b>        | <input type="checkbox"/> | <b>Pouco Baixo</b>        |
| <input type="checkbox"/> | <b>Levemente Alto</b>    | <input type="checkbox"/> | <b>Levemente Baixo</b>    |
| <input type="checkbox"/> | <b>Alto</b>              | <input type="checkbox"/> | <b>Baixo</b>              |
| <input type="checkbox"/> | <b>Médio</b>             |                          |                           |

**PVG. Participação nas Vendas Globais**

- |                          |                          |                          |                           |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <b>Extremamente Alto</b> | <input type="checkbox"/> | <b>Extremamente Baixo</b> |
| <input type="checkbox"/> | <b>Muito Alto</b>        | <input type="checkbox"/> | <b>Muito Baixo</b>        |
| <input type="checkbox"/> | <b>Pouco Alto</b>        | <input type="checkbox"/> | <b>Pouco Baixo</b>        |
| <input type="checkbox"/> | <b>Levemente Alto</b>    | <input type="checkbox"/> | <b>Levemente Baixo</b>    |
| <input type="checkbox"/> | <b>Alto</b>              | <input type="checkbox"/> | <b>Baixo</b>              |
| <input type="checkbox"/> | <b>Médio</b>             |                          |                           |

**TPPE. Tempo de Permanência do Produto na Empresa**

- |                          |                          |                          |                           |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <b>Extremamente Alto</b> | <input type="checkbox"/> | <b>Extremamente Baixo</b> |
| <input type="checkbox"/> | <b>Muito Alto</b>        | <input type="checkbox"/> | <b>Muito Baixo</b>        |
| <input type="checkbox"/> | <b>Pouco Alto</b>        | <input type="checkbox"/> | <b>Pouco Baixo</b>        |
| <input type="checkbox"/> | <b>Levemente Alto</b>    | <input type="checkbox"/> | <b>Levemente Baixo</b>    |
| <input type="checkbox"/> | <b>Alto</b>              | <input type="checkbox"/> | <b>Baixo</b>              |
| <input type="checkbox"/> | <b>Médio</b>             |                          |                           |

**PPVP. Porcentagem de Participação nas Vendas do Produto**

- |                          |                          |                          |                           |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <b>Extremamente Alto</b> | <input type="checkbox"/> | <b>Extremamente Baixo</b> |
| <input type="checkbox"/> | <b>Muito Alto</b>        | <input type="checkbox"/> | <b>Muito Baixo</b>        |
| <input type="checkbox"/> | <b>Pouco Alto</b>        | <input type="checkbox"/> | <b>Pouco Baixo</b>        |
| <input type="checkbox"/> | <b>Levemente Alto</b>    | <input type="checkbox"/> | <b>Levemente Baixo</b>    |
| <input type="checkbox"/> | <b>Alto</b>              | <input type="checkbox"/> | <b>Baixo</b>              |
| <input type="checkbox"/> | <b>Médio</b>             |                          |                           |

**C. Custos**

- |                          |                          |                          |                           |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <b>Extremamente Alto</b> | <input type="checkbox"/> | <b>Extremamente Baixo</b> |
| <input type="checkbox"/> | <b>Muito Alto</b>        | <input type="checkbox"/> | <b>Muito Baixo</b>        |
| <input type="checkbox"/> | <b>Pouco Alto</b>        | <input type="checkbox"/> | <b>Pouco Baixo</b>        |
| <input type="checkbox"/> | <b>Levemente Alto</b>    | <input type="checkbox"/> | <b>Levemente Baixo</b>    |
| <input type="checkbox"/> | <b>Alto</b>              | <input type="checkbox"/> | <b>Baixo</b>              |
| <input type="checkbox"/> | <b>Médio</b>             |                          |                           |

**D. Demanda**

- |                          |                          |                          |                           |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <b>Extremamente Alto</b> | <input type="checkbox"/> | <b>Extremamente Baixo</b> |
| <input type="checkbox"/> | <b>Muito Alto</b>        | <input type="checkbox"/> | <b>Muito Baixo</b>        |
| <input type="checkbox"/> | <b>Pouco Alto</b>        | <input type="checkbox"/> | <b>Pouco Baixo</b>        |
| <input type="checkbox"/> | <b>Levemente Alto</b>    | <input type="checkbox"/> | <b>Levemente Baixo</b>    |
| <input type="checkbox"/> | <b>Alto</b>              | <input type="checkbox"/> | <b>Baixo</b>              |
| <input type="checkbox"/> | <b>Médio</b>             |                          |                           |

**EF. Estoque Final**

- |                          |                          |                          |                           |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <b>Extremamente Alto</b> | <input type="checkbox"/> | <b>Extremamente Baixo</b> |
| <input type="checkbox"/> | <b>Muito Alto</b>        | <input type="checkbox"/> | <b>Muito Baixo</b>        |
| <input type="checkbox"/> | <b>Pouco Alto</b>        | <input type="checkbox"/> | <b>Pouco Baixo</b>        |
| <input type="checkbox"/> | <b>Levemente Alto</b>    | <input type="checkbox"/> | <b>Levemente Baixo</b>    |
| <input type="checkbox"/> | <b>Alto</b>              | <input type="checkbox"/> | <b>Baixo</b>              |
| <input type="checkbox"/> | <b>Médio</b>             |                          |                           |

**QPP. Quantidade de Produtos Pendentes**

- |                          |                          |                          |                           |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <b>Extremamente Alto</b> | <input type="checkbox"/> | <b>Extremamente Baixo</b> |
| <input type="checkbox"/> | <b>Muito Alto</b>        | <input type="checkbox"/> | <b>Muito Baixo</b>        |
| <input type="checkbox"/> | <b>Pouco Alto</b>        | <input type="checkbox"/> | <b>Pouco Baixo</b>        |
| <input type="checkbox"/> | <b>Levemente Alto</b>    | <input type="checkbox"/> | <b>Levemente Baixo</b>    |
| <input type="checkbox"/> | <b>Alto</b>              | <input type="checkbox"/> | <b>Baixo</b>              |
| <input type="checkbox"/> | <b>Médio</b>             |                          |                           |

**Outro. Qual?** \_\_\_\_\_

- |                          |                          |                          |                           |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <b>Extremamente Alto</b> | <input type="checkbox"/> | <b>Extremamente Baixo</b> |
| <input type="checkbox"/> | <b>Muito Alto</b>        | <input type="checkbox"/> | <b>Muito Baixo</b>        |
| <input type="checkbox"/> | <b>Pouco Alto</b>        | <input type="checkbox"/> | <b>Pouco Baixo</b>        |
| <input type="checkbox"/> | <b>Levemente Alto</b>    | <input type="checkbox"/> | <b>Levemente Baixo</b>    |
| <input type="checkbox"/> | <b>Alto</b>              | <input type="checkbox"/> | <b>Baixo</b>              |
| <input type="checkbox"/> | <b>Médio</b>             |                          |                           |

Observações:

---

---

---

---



b. Segundo Questionário aplicado aos especialistas da empresa objeto de estudo



Questionário Decisor - Posição: \_\_\_\_\_ na Empresa objeto de estudo

## Anexo b. Questionário No. 2

### Construção da Base de Regras *Fuzzy*

A informação deste questionário será utilizada para determinar o conjunto de regras *Fuzzy* considerando variáveis de entrada e saída.

Concorde com as possíveis combinações de critérios para determinar a classificação dos produtos escolhidos e testar o sistema fuzzy proposto. Escolha a opção mais acertada considerando o Preço por unidade de venda (PUV), as Quantidades Vendidas (QV) e, finalmente, a participação global do produto nas vendas globais (PG).

No.	SE	ENTÃO
1	Se (PUV é Baixo) e (QV é Baixa) e (PG é Baixa)	(Class <u>  </u> A <u>  </u> B <u>  </u> C)
2	Se (PUV é Baixo) e (QV é Baixa) e (PG é Média)	(Class <u>  </u> A <u>  </u> B <u>  </u> C)
3	Se (PUV é Baixo) e (QV é Baixa) e (PG é Alta)	(Class <u>  </u> A <u>  </u> B <u>  </u> C)
4	Se (PUV é Alto) e (QV é Alta) e (PG é Baixa)	(Class <u>  </u> A <u>  </u> B <u>  </u> C)
5	Se (PUV é Alto) e (QV é Alta) e (PG é Média)	(Class <u>  </u> A <u>  </u> B <u>  </u> C)
6	Se (PUV é Alto) e (QV é Alta) e (PG é Alta)	(Class <u>  </u> A <u>  </u> B <u>  </u> C)
7	Se (PUV é Baixo) e (QV é Alta) e (PG é Baixa)	(Class <u>  </u> A <u>  </u> B <u>  </u> C)
8	Se (PUV é Baixo) e (QV é Alta) e (PG é Média)	(Class <u>  </u> A <u>  </u> B <u>  </u> C)
9	Se (PUV é Baixo) e (QV é Alta) e (PG é Alta)	(Class <u>  </u> A <u>  </u> B <u>  </u> C)
10	Se (PUV é Alto) e (QV é Baixa) e (PG é Baixa)	(Class <u>  </u> A <u>  </u> B <u>  </u> C)
11	Se (PUV é Alto) e (QV é Baixa) e (PG é Média)	(Class <u>  </u> A <u>  </u> B <u>  </u> C)
12	Se (PUV é Alto) e (QV é Baixa) e (PG é Alta)	(Class <u>  </u> A <u>  </u> B <u>  </u> C)

Consideração a classificação dos produtos A, B e C, estabeleça o tipo de compras a efetuar em cada momento (muito baixa, baixa, média, alta, muito alta) concorde com a seguinte tabela:

No.	SE	ENTÃO					
1	Se (Classe é C) e (Estoque Final é Muito Baixo) e (Pendente é Muito Baixo)	QC	MB	B	M	A	MA
2	Se (Classe é C) e (Estoque Final é Muito Baixo) e (Pendente é Baixo)	QC	MB	B	M	A	MA
3	Se (Classe é C) e (Estoque Final é Muito Baixo) e (Pendente é Médio)	QC	MB	B	M	A	MA
4	Se (Classe é C) e (Estoque Final é Muito Baixo) e (Pendente é Alto)	QC	MB	B	M	A	MA
5	Se (Classe é C) e (Estoque Final é Muito Baixo) e (Pendente é Muito Alto)	QC	MB	B	M	A	MA
6	Se (Classe é C) e (Estoque Final é Baixo) e (Pendente é Muito Baixo)	QC	MB	B	M	A	MA
7	Se (Classe é C) e (Estoque Final é Baixo) e (Pendente é Baixo)	QC	MB	B	M	A	MA
8	Se (Classe é C) e (Estoque Final é Baixo) e (Pendente é Médio)	QC	MB	B	M	A	MA
9	Se (Classe é C) e (Estoque Final é Baixo) e (Pendente é Alto)	QC	MB	B	M	A	MA
10	Se (Classe é C) e (Estoque Final é Baixo) e (Pendente é Muito Alto)	QC	MB	B	M	A	MA
11	Se (Classe é C) e (Estoque Final é Médio) e (Pendente é Muito Baixo)	QC	MB	B	M	A	MA
12	Se (Classe é C) e (Estoque Final é Médio) e (Pendente é Baixo)	QC	MB	B	M	A	MA
13	Se (Classe é C) e (Estoque Final é Médio) e (Pendente é Médio)	QC	MB	B	M	A	MA
14	Se (Classe é C) e (Estoque Final é Médio) e (Pendente é Alto)	QC	MB	B	M	A	MA
15	Se (Classe é C) e (Estoque Final é Médio) e (Pendente é Muito Alto)	QC	MB	B	M	A	MA
16	Se (Classe é C) e (Estoque Final é Alto) e (Pendente é Muito Baixo)	QC	MB	B	M	A	MA
17	Se (Classe é C) e (Estoque Final é Alto) e (Pendente é Baixo)	QC	MB	B	M	A	MA
18	Se (Classe é C) e (Estoque Final é Alto) e (Pendente é Médio)	QC	MB	B	M	A	MA
19	Se (Classe é C) e (Estoque Final é Alto) e (Pendente é Alto)	QC	MB	B	M	A	MA
20	Se (Classe é C) e (Estoque Final é Alto) e (Pendente é Muito Alto)	QC	MB	B	M	A	MA
21	Se (Classe é C) e (Estoque Final é Muito Alto) e (Pendente é Muito Baixo)	QC	MB	B	M	A	MA
22	Se (Classe é C) e (Estoque Final é Muito Alto) e (Pendente é Baixo)	QC	MB	B	M	A	MA
23	Se (Classe é C) e (Estoque Final é Muito Alto) e (Pendente é Médio)	QC	MB	B	M	A	MA
24	Se (Classe é C) e (Estoque Final é Muito Alto) e (Pendente é Alto)	QC	MB	B	M	A	MA
25	Se (Classe é C) e (Estoque Final é Muito Alto) e (Pendente é Muito Alto)	QC	MB	B	M	A	MA
26	Se (Classe é B) e (Estoque Final é Muito Baixo) e (Pendente é Muito Baixo)	QC	MB	B	M	A	MA
27	Se (Classe é B) e (Estoque Final é Muito Baixo) e (Pendente é Baixo)	QC	MB	B	M	A	MA
28	Se (Classe é B) e (Estoque Final é Muito Baixo) e (Pendente é Médio)	QC	MB	B	M	A	MA
29	Se (Classe é B) e (Estoque Final é Muito Baixo) e (Pendente é Alto)	QC	MB	B	M	A	MA
30	Se (Classe é B) e (Estoque Final é Muito Baixo) e (Pendente é Muito Alto)	QC	MB	B	M	A	MA
31	Se (Classe é B) e (Estoque Final é Baixo) e (Pendente é Muito Baixo)	QC	MB	B	M	A	MA
32	Se (Classe é B) e (Estoque Final é Baixo) e (Pendente é Baixo)	QC	MB	B	M	A	MA
33	Se (Classe é B) e (Estoque Final é Baixo) e (Pendente é Médio)	QC	MB	B	M	A	MA
34	Se (Classe é B) e (Estoque Final é Baixo) e (Pendente é Alto)	QC	MB	B	M	A	MA
35	Se (Classe é B) e (Estoque Final é Baixo) e (Pendente é Muito Alto)	QC	MB	B	M	A	MA
36	Se (Classe é B) e (Estoque Final é Médio) e (Pendente é Muito Baixo)	QC	MB	B	M	A	MA
37	Se (Classe é B) e (Estoque Final é Médio) e (Pendente é Baixo)	QC	MB	B	M	A	MA
38	Se (Classe é B) e (Estoque Final é Médio) e (Pendente é Médio)	QC	MB	B	M	A	MA
39	Se (Classe é B) e (Estoque Final é Médio) e (Pendente é Alto)	QC	MB	B	M	A	MA

No.	SE	ENTÃO					
40	Se (Classe é B) e (Estoque Final é Médio) e (Pendente é Muito Alto)	QC	MB	B	M	A	MA
41	Se (Classe é B) e (Estoque Final é Alto) e (Pendente é Muito Baixo)	QC	MB	B	M	A	MA
42	Se (Classe é B) e (Estoque Final é Alto) e (Pendente é Baixo)	QC	MB	B	M	A	MA
43	Se (Classe é B) e (Estoque Final é Alto) e (Pendente é Médio)	QC	MB	B	M	A	MA
44	Se (Classe é B) e (Estoque Final é Alto) e (Pendente é Alto)	QC	MB	B	M	A	MA
45	Se (Classe é B) e (Estoque Final é Alto) e (Pendente é Muito Alto)	QC	MB	B	M	A	MA
46	Se (Classe é B) e (Estoque Final é Muito Alto) e (Pendente é Muito Baixo)	QC	MB	B	M	A	MA
47	Se (Classe é B) e (Estoque Final é Muito Alto) e (Pendente é Baixo)	QC	MB	B	M	A	MA
48	Se (Classe é B) e (Estoque Final é Muito Alto) e (Pendente é Médio)	QC	MB	B	M	A	MA
49	Se (Classe é B) e (Estoque Final é Muito Alto) e (Pendente é Alto)	QC	MB	B	M	A	MA
50	Se (Classe é B) e (Estoque Final é Muito Alto) e (Pendente é Muito Alto)	QC	MB	B	M	A	MA
51	Se (Classe é A) e (Estoque Final é Muito Baixo) e (Pendente é Muito Baixo)	QC	MB	B	M	A	MA
52	Se (Classe é A) e (Estoque Final é Muito Baixo) e (Pendente é Baixo)	QC	MB	B	M	A	MA
53	Se (Classe é A) e (Estoque Final é Muito Baixo) e (Pendente é Médio)	QC	MB	B	M	A	MA
54	Se (Classe é A) e (Estoque Final é Muito Baixo) e (Pendente é Alto)	QC	MB	B	M	A	MA
55	Se (Classe é A) e (Estoque Final é Muito Baixo) e (Pendente é Muito Alto)	QC	MB	B	M	A	MA
56	Se (Classe é A) e (Estoque Final é Baixo) e (Pendente é Muito Baixo)	QC	MB	B	M	A	MA
57	Se (Classe é A) e (Estoque Final é Baixo) e (Pendente é Baixo)	QC	MB	B	M	A	MA
58	Se (Classe é A) e (Estoque Final é Baixo) e (Pendente é Médio)	QC	MB	B	M	A	MA
59	Se (Classe é A) e (Estoque Final é Baixo) e (Pendente é Alto)	QC	MB	B	M	A	MA
60	Se (Classe é A) e (Estoque Final é Baixo) e (Pendente é Muito Alto)	QC	MB	B	M	A	MA
61	Se (Classe é A) e (Estoque Final é Médio) e (Pendente é Muito Baixo)	QC	MB	B	M	A	MA
62	Se (Classe é A) e (Estoque Final é Médio) e (Pendente é Baixo)	QC	MB	B	M	A	MA
63	Se (Classe é A) e (Estoque Final é Médio) e (Pendente é Médio)	QC	MB	B	M	A	MA
64	Se (Classe é A) e (Estoque Final é Médio) e (Pendente é Alto)	QC	MB	B	M	A	MA
65	Se (Classe é A) e (Estoque Final é Médio) e (Pendente é Muito Alto)	QC	MB	B	M	A	MA
66	Se (Classe é A) e (Estoque Final é Alto) e (Pendente é Muito Baixo)	QC	MB	B	M	A	MA
67	Se (Classe é A) e (Estoque Final é Alto) e (Pendente é Baixo)	QC	MB	B	M	A	MA
68	Se (Classe é A) e (Estoque Final é Alto) e (Pendente é Médio)	QC	MB	B	M	A	MA
69	Se (Classe é A) e (Estoque Final é Alto) e (Pendente é Alto)	QC	MB	B	M	A	MA
70	Se (Classe é A) e (Estoque Final é Alto) e (Pendente é Muito Alto)	QC	MB	B	M	A	MA
71	Se (Classe é A) e (Estoque Final é Muito Alto) e (Pendente é Muito Baixo)	QC	MB	B	M	A	MA
72	Se (Classe é A) e (Estoque Final é Muito Alto) e (Pendente é Baixo)	QC	MB	B	M	A	MA
73	Se (Classe é A) e (Estoque Final é Muito Alto) e (Pendente é Médio)	QC	MB	B	M	A	MA
74	Se (Classe é A) e (Estoque Final é Muito Alto) e (Pendente é Alto)	QC	MB	B	M	A	MA
75	Se (Classe é A) e (Estoque Final é Muito Alto) e (Pendente é Muito Alto)	QC	MB	B	M	A	MA

